

Propostes per reduir l'impacte dels plàstics en l'ecosistema marí

Treball Final de Grau



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Treball realitzat per:
Xavi Aragón Sánchez

Dirigit per:
Santiago Ordás Jiménez

Grau en Tecnologies Marines

Barcelona, data

Departament de Ciència i Enginyeria Nàutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Facultat de Nàutica de Barcelona



Agraïments

En primer lloc, m'agradaria agrair al meu tutor Santiago Ordás Jiménez la seva ajuda i els seus consells durant el transcurs del treball.

Donar també les gràcies a la meva família per haver-me escoltat i aconsellat quan ho he necessitat, a tots els companys amb els que he viscut aquesta etapa, i al professorat de la Facultat de Nàutica per la seva dedicació i haver compartit amb mi els seus coneixements.

Resum

La contaminació dels mars i els oceans causada per l'alliberament de grans quantitats de residus de plàstic cada any al medi ambient, ha tingut un sostingut increment des de començaments del segle XXI, afectant de forma significativa els ecosistemes marins i provocant un greu impacte sobre aquests. En aquest treball s'informarà al lector detalladament sobre quins són els efectes que provoca aquest impacte, així com la resposta per part de l'ésser humà en l'actualitat, i es plantejaran les mesures que s'haurien de dur a terme de cara al futur per poder reduir-lo.

En primer lloc, es realitzarà un ampli estudi sobre els plàstics i les conseqüències que suposa el seu alliberament als oceans, per tal de conèixer les seves característiques i entendre per què són tan perjudicials per la fauna i flora marines. En aquesta primera part es tractaran diversos aspectes clau, com ho són la formació de microplàstics i nanoplàstics a causa de la difícil degradació d'aquest material al mar, l'existència de grans concentracions creades pels vents i els girs oceànics, les principals fonts terrestres i marítimes de generació de residus de plàstic i les vies d'entrada als oceans, etc. A continuació i com a segon bloc del treball, es coneixeran i s'estudiaran diversos sistemes innovadors destinats a la neteja dels rius i els mars, per una part els que encara són projectes de futur o es troben en fase de construcció, i per altra els que estan actualment en funcionament. Es realitzarà un detallat anàlisi de cadascun d'aquests sistemes: objectius, tecnologia implementada, eficiència, etc.

L'objectiu d'aquest treball es centra a la tercera i última part, en la que un cop estudiada la situació actual de l'impacte del plàstic en l'ecosistema marí, es plantejaran quins haurien de ser els canvis per poder arribar a solucions vàlides i aconseguir reduir aquest greu problema mediambiental. Amb aquest propòsit, es vol plantejar un futur basat en la consciència, la col·laboració i l'enginy, per tal de donar als mars i oceans una nova oportunitat i acabar amb el seu sofriment.

Abstract

Seas and oceans pollution caused by the release of large amounts of plastic waste into the environment each year has had a sustained increase since the beginning of the 21st century, significantly affecting marine ecosystems and causing a serious impact on these. The present work will inform the reader in detail about the effects that cause this impact, as well as the response from the human being nowadays, and will consider some measures to reduce it in the future.

First of all, it will carry out an extensive study about plastics and the consequences of their release in the oceans, in order to know their characteristics and understand why they are so harmful to marine fauna and flora. This first part will address several key aspects, such as the formation of microplastics and nanoplastics due to the difficult degradation of this material in the sea, the existence of large concentrations created by winds and ocean gyres, the main land-based and sea-based sources generating plastic waste and the leakage points to the ocean, etc. Next, as a second section, this work will study several innovative systems dedicated to cleaning rivers and seas, on the one hand those that are still future projects or under construction, and on the other those currently in operation.

The aim of this work is focused on the third and last part, in which, once the current situation of the impact of plastic on the marine ecosystem has been studied, it will consider what the changes should be in order to reach appropriate solutions. With this purpose, the present work want to consider a future based on awareness, collaboration and ingenuity, to give to the seas and oceans a new chance and end their suffering.

ÍNDEX

AGRAÏMENTS	III
RESUM	V
ABSTRACT	VI
ÍNDEX	VII
LLISTAT DE FIGURES	IX
LLISTAT DE TAULES	XI

CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ	1
-------------------------------	----------

CAPÍTOL 2. ELS PLÀSTICS	3
--------------------------------	----------

2.1 CLASSIFICACIÓ I TIPUS	3
2.1.1 ELS BIOPLÀSTICS	6
2.1.2 ELS MICROPLÀSTICS I NANOPLÀSTICS	7
2.2 PRODUCTES QUÍMICS ADDITIUS	9
2.3 PRODUCCIÓ I CONCENTRACIÓ AL MAR	11
2.4 LA DEGRADACIÓ ALS OCEANS	13
2.4.1 ELS PLÀSTICS CONVENCIONALS	13
2.4.2 ELS PLÀSTICS BIODEGRADABLES	14
2.4.3 ELS PLÀSTICS OXO-DEGRADABLES	15

CAPÍTOL 3. GENERACIÓ DE RESIDUS DE PLÀSTIC	16
---	-----------

3.1 GENERACIÓ EN SECTORS TERRESTRES	17
3.1.1 GENERACIÓ DE MICROPLÀSTICS	18
3.1.2 GESTIÓ DELS RESIDUS PRODUÏTS	20
3.2 GENERACIÓ EN SECTORS MARÍTIMS	21
3.2.1 GENERACIÓ DE MICROPLÀSTICS	24

CAPÍTOL 4. IMPACTE	25
---------------------------	-----------

4.1 IMPACTE EN LA FAUNA I FLORA MARINES	25
4.1.1 ESPÈCIES ENREDADES	25
4.1.2 INGESTIÓ	26
4.1.3 EFECTES QUÍMICS	27
4.1.4 EFECTES EN ELS HÀBITATS MARINS	27
4.2 EFECTES EN LA SALUT HUMANA	28

4.3 IMPACTE SOCIOECONÒMIC	28
<u>CAPÍTOL 5. PROJECTES, INICIATIVES DE FUTUR I SISTEMES INNOVADORS</u>	<u>30</u>
5.1 THE OCEAN CLEANUP	30
5.1.1 EVOLUCIÓ DEL PROJECTE DES DEL SEU ORIGEN FINS L'ACTUALITAT	30
5.1.2 THE INTERCEPTOR	38
5.2 THE SEACLEANERS: THE MANTA PROJECT	42
5.2.1 PROGRÉS DEL PROJECTE	43
5.3 REV OCEAN	44
5.3.1 PLASTIC REVOLUTION	46
5.4 SISTEMES INNOVADORS EN FUNCIONAMENT	47
5.4.1 4OCEAN	47
5.4.2 THE SEABIN PROJECT	55
5.4.3 INNER HARBOR WATER WHEEL	58
<u>CAPÍTOL 6. A LA RECERCA DE SOLUCIONS EFICIENTS</u>	<u>60</u>
6.1 ECONOMIA CIRCULAR	60
6.1.1 PRODUCCIÓ	62
6.1.2 CONSUM	65
6.1.3 GESTIÓ DE RESIDUS	66
6.2 APLICACIÓ DE LLEIS I NORMATIVES	68
<u>CAPÍTOL 7. CONCLUSIONS</u>	<u>70</u>
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>73</u>
<u>GLOSSARI</u>	<u>77</u>

Llistat de Figures

FIGURA 1. CLASSIFICACIÓ DELS POLÍMERS SEGONS EL SEU ORIGEN I DERIVACIÓ	5
FIGURA 2. CICLE DE VIDA IDEAL DELS BIOPLÀSTICS BIODERIVATS COMPOSTABLES	6
FIGURA 3. NANOPLÀSTICS (POLIESTIRÈ, 70NM) EN AIGUA DOLÇA (ESQUERRA) I EN AIGUA DE MAR (DRETA)	9
FIGURA 4. CONSUM D'ADDITIUS A NIVELL MUNDIAL L'ANY 2016	9
FIGURA 5. PRODUCCIÓ DE PLÀSTIC A NIVELL D'EUROPA I A NIVELL MUNDIAL, 1950-2018	11
FIGURA 6. MAPA DE LA CONCENTRACIÓ DE RESIDUS DE PLÀSTIC EN ELS OCEANS (G/KM ²), 2015	12
FIGURA 7. REPRESENTACIÓ SIMPLIFICADA D'UN ENFOCAMENT LINEAL DE LA PRODUCCIÓ I L'ÚS DELS PLÀSTICS	16
FIGURA 8. PLATJA PLENA DE RESIDUS PRODUÏTS PEL TURISME COSTANER	18
FIGURA 9. PRODUCTE COSMÈTIC AMB MICROESFERES DE PLÀSTIC	18
FIGURA 10. GOTA D'AIGUA AMB MICROPLÀSTICS PROVINENTS DE COSMÈTICS	18
FIGURA 11. NETEJA DEL CASC D'UN VAIXELL	20
FIGURA 12. EXEMPLES DE DIFERENTS TIPUS D'ARTICLES DE PESCA	21
FIGURA 13. INSTAL·LACIÓ D'ESTRUCTURES AMB XARXES DESTINADES A L'AQUÍCULTURA	22
FIGURA 14. FOCA AMB UNA XARXA DE PLÀSTIC EMBOLICADA AL SEU COS	25
FIGURA 15. UN TAURÓ BALENA EN EL MOMENT QUE ES DISPOSA A INGERIR UNA BOSSA DE PLÀSTIC A L'OCEÀ	26
FIGURA 16. BOSSA DE PLÀSTIC EN UNA ZONA D'ESCALLS DE CORALL	27
FIGURA 17. <i>MULTI-LEVEL TRAWL</i>	31
FIGURA 18. INSTAL·LACIÓ DEL MODEL DE BARRERA DE 100M AL MAR DEL NORD	32
FIGURA 19. <i>SYSTEM 001</i> OPERANT A LA GRAN CONCENTRACIÓ DE PLÀSTIC DEL PACÍFIC	32
FIGURA 20. ACCIÓ DE LES TRES FORCES OCEÀNIQUES (VENT, ONADES I CORRENT) SOBRE EL SISTEMA	33
FIGURA 21. ESTRUCTURES ESTABILITZADORES AMB MÒDULS ELÈCTRICS I D'INSTRUMENTACIÓ DEL <i>SYSTEM 001</i>	33
FIGURA 22. CONNEXIONS QUE UNEIXEN EL FLOTADOR I LA PANTALLA DEL <i>SYSTEM 001</i>	34
FIGURA 23. PROPAGACIÓ DE L'ESQUERDA EN EL FLOTADOR	35
FIGURA 24. IDEA PER ACCELERAR EL SISTEMA MITJANÇANT BOIES INFLABLES	36
FIGURA 25. IDEA PER DISIMINUIR LA VELOCITAT DEL SISTEMA MITJANÇANT UN PARACAIGUDES	36
FIGURA 26. VISTA AÈRIA DEL <i>SYSTEM 001/B</i> EN FUNCIONAMENT	37
FIGURA 27. <i>THE INTERCEPTOR</i> EN FUNCIONAMENT	38
FIGURA 28. BARRERA DE L'INTERCEPTOR	38
FIGURA 29. CINTA TRANSPORTADORA EN FUNCIONAMENT	39
FIGURA 30. LLANÇADORA I CONTENIDORS DE L'INTERCEPTOR	39
FIGURA 31. REPRESENTACIÓ DE LA DESCÀRREGA DE LA BARCASSA AMB ELS CONTENIDORS DE L'INTECEPTOR	40
FIGURA 32. <i>INTERCEPTOR 001</i> AL RIU CENGKARENG DRAIN DE JAKARTA (INDONESIA)	41
FIGURA 33. <i>INTERCEPTOR 002</i> AL RIU THE KLANG RIVER DE KUALA LUMPUR (MALÀISIA)	41
FIGURA 34. VERSIÓ DIGITAL DEL VAIXELL <i>THE MANTA</i>	42
FIGURA 35. ANIMACIÓ DIGITAL DE L'ENTRADA DE RESIDUS AL VAIXELL <i>THE MANTA</i>	43
FIGURA 36. VAIXELL <i>REV OCEAN</i> EN FASE DE CONSTRUCCIÓ	46
FIGURA 37. PLATJA DE GHANA PLENA DE RESIDUS DE PLÀSTIC	47

FIGURA 38. <i>HARBOR SKIMMER</i> INSTAL·LAT I EN FUNCIONAMENT (+BARRERA PER GUIAR ELS RESIDUS)	48
FIGURA 39. <i>HARBOR SKIMMER</i>	49
FIGURA 40. DIMENSIONS DEL <i>HARBOR SKIMMER</i> (CM)(1)	50
FIGURA 41. DIMENSIONS DEL <i>HARBOR SKIMMER</i> (CM)(2)	51
FIGURA 42. <i>MOBILE SKIMMER</i> NAVEGANT I EN FUNCIONAMENT	52
FIGURA 43. DIMENSIONS DEL <i>MOBILE SKIMMER</i> (CM)(1)	53
FIGURA 44. DIMENSIONS DEL <i>MOBILE SKIMMER</i> (CM)(2)	54
FIGURA 45. LOGOTIP DE <i>THE SEABIN PROJECT</i>	55
FIGURA 46. <i>SEABIN V5</i> FORA DE L'AIGUA, PRÈVIAMENT A LA SEVA INSTAL·LACIÓ	55
FIGURA 47. <i>SEABIN V5</i> INSTAL·LAT I EN FUNCIONAMENT	55
FIGURA 48. COMPONENTS DEL SISTEMA <i>SEABIN V5</i>	56
FIGURA 49. DIMENSIONS DEL <i>SEABIN V5</i> (EN MM)	57
FIGURA 50. <i>INNER HARBOR WATER WHEEL</i>	58
FIGURA 51. APRECIACIÓ DELS PANELLS SOLARS I LA RODA HIDRÀULICA DE L' <i>INNER HARBOR WATER WHEEL</i>	58
FIGURA 52. CONTENIDOR DE L' <i>INNER HARBOR WATER WHEEL</i>	59
FIGURA 53. CONTENIDOR PLE DE RESIDUS I CINTA TRANSPORTADORA DE L' <i>INNER HARBOR WATER WHEEL</i>	59
FIGURA 54. ESQUEMA CONCEPTUAL DE L'ECONOMIA CIRCULAR	61
FIGURA 55. ESQUEMA CONCEPTUAL SOBRE ELS PUNTS D'INTERVENCIÓ POSSIBLES EN L'ECONOMIA CIRCULAR	62
FIGURA 56. CICLE BIOLÒGIC I CICLE TÈCNIC DELS PRODUCTES SEGUINT EL CONCEPTE "CRADLE TO CRADLE"	63
FIGURA 57. ESQUEMA D'UN SISTEMA D'INCINERACIÓ DE PLÀSTIC PER LA GENERACIÓ D'ELECTRICITAT	67

Llistat de Taules

TAULA 1. PERCENTATGE DE LA DEMANDA DE POLÍMERS A EUROPA L'ANY 2017	4
TAULA 2. DENSITAT DELS POLÍMERS	7
TAULA 3. ANYS DE DESCOMPOSICIÓ D'ALGUNS OBJECTES DE PLÀSTIC	14
TAULA 4. PROGRÉS DEL PROJECTE <i>THE MANTA</i>	43
TAULA 5. RESIDUS QUE INTERCEPTA EL <i>SEABIN V5</i> I NOMBRE RESPECTIU DE CAPTURES PER ANY	56

Capítol 1. Introducció

La invenció del plàstic ha provocat una nova era en la història de la humanitat. És molt possible que, en centenars d'anys, la gent miri cap enrere i consideri el segle XX com “el període del plàstic”, de la mateixa manera que els arqueòlegs i els antropòlegs consideren les edats del ferro i del bronze, o l'edat del vapor. Des de la seva introducció, el plàstic s'ha convertit en una part integral de les nostres vides, i simplement no podem viure sense ell. Aquest gran creixement és degut principalment a les seves qualitats, tals com:

- Mètodes de producció de gran volum i a baix cost.
- Resistència química i a la llum.
- Disseny pràctic.
- Capacitat de prendre forma i color.
- Funcionalitat i comoditat per al consumidor.
- Lleugeresa i durabilitat.
- Duresa, ductilitat i resistència a la corrosió.

Com a resultat, la seva proliferació ha estat exponencial, i la seva omnipresència global. La contaminació causada pel plàstic arriba pràcticament a totes les parts del món. Un dels canvis més destacats en el planeta en els darrers 50 anys ha estat “la ubiqüitat i l'abundància de residus de plàstic” (és probable que en els primers deu anys d'aquest segle n'haguem utilitzat més del que vam fer durant tot el passat). La societat s'ha beneficiat enormement del desenvolupament dels plàstics. S'han convertit en una eina indispensable en el nostre desenvolupament econòmic i social, i han ofert molts beneficis a la humanitat, cobrint així tots els sectors des de la preservació de la salut i els aliments fins al transport i la millora de l'era digital.

S'ha aconseguit satisfactòriament dissenyar plàstics per a moltes aplicacions, però això ha estat acompanyat d'un important cost social, econòmic i ecològic. Un dels aspectes més familiars de qualsevol visita a la costa és la vista de nombroses restes de plàstic tant a la vora del mar com surant a la superfície de l'aigua. Tant les activitats marítimes com terrestres són responsables d'aquesta contínua contaminació del medi marí. Com a conseqüència d'una mala gestió dels residus o del seu abandonament, uns 8 milions de tones de plàstics acaben als mars i oceans anualment, formant així el 60-80% de les escombraries marines, majoritàriament en forma de microplàstics (fragments inferiors a 5 mm). Es desconeix la quantitat exacta, però s'estima que hi ha entre 5 i 50 bilions de fragments de plàstic surant al mar (sense incloure els trossos que hi ha al fons marí o a les platges).

Una de les propietats més conegudes del plàstic és la seva durabilitat. Aquest és el principal motiu pel qual els plàstics persisteixen a l'oceà durant molts anys després de la seva introducció. Les grans quantitats de plàstics que es troben actualment a l'oceà són el resultat del nostre fracàs per no saber conviure amb aquests d'una manera considerada i sostenible. No és inevitable que aquest patró de comportament continuï, però caldrà fer un gran esforç col·lectiu per tal de poder controlar i millorar la producció i l'ús dels plàstics i minimitzar la seva proporció en el flux de residus.



Afortunadament, existeixen iniciatives a la majoria de parts del món que comencen a reduir amb èxit les aportacions de plàstic a l'oceà i recuperar i restaurar hàbitats sensibles, on això sigui factible. Tot i això, hi ha algunes qüestions subjacents, incloent-hi les circumstàncies socials i econòmiques de moltes comunitats, que també s'han de tractar per abordar la reducció de deixalles marines a escala global.

Capítol 2. Els plàstics

2.1 Classificació i tipus

El terme “plàstic”, tal com s’aplica habitualment, fa referència a un grup de polímers¹ sintètics. Hi ha dues classes principals: el termoplàstic i el termoestable. El termoplàstic s’ha abreviat a “plàstic” i, en termes concrets, ha estat l’ús més freqüent del terme. En l’enginyeria, la mecànica del sòl, o en la ciència dels materials i la geologia, la plasticitat es refereix a la propietat d’un material capaç de deformar-se sense trencar-se. El termoplàstic és capaç de ser modelat repetidament o deformat plàsticament quan s’escalfa. Alguns exemples comuns són el polietilè (PE), el polietilè tereftalat (PET), el polipropilè (PP), el policlorur de vinil (PVC) i el poliestirè (PS, inclòs el EPS expandit). El material plàstic termoestable, una vegada format, no es pot remodelar per fusió. Els exemples més habituals inclouen poliuretà (PUR) i resines epoxi o recobriments.

A continuació es mostren alguns exemples d’aquests tipus de polímers juntament amb el % de demanda que van tenir a Europa l’any 2017:

POLÍMER	%	
PP (polipropilè)	19,3	Embalatges d’aliments, embolcalls de dolços i aperitius, canonades, peces d’automòbils, bitllets, etc. 
LDPE (polietilè de baixa densitat) LLDPE (polietilè lineal de baixa densitat)	17,5	Bosses reutilitzables, safates, recipients, film agrícola (PE-LD), film per envasat d’aliments (PE-LLD), etc. 

HDPE (polietilè d'alta densitat) MDPE (polietilè lineal de mitja densitat)	12,3	Joguines (HDPE, MDPE), ampolles de llet, pots de xampú, canonades (HDPE), etc.	
PVC (policlorur de vinil)	10,2	Marc de finestres, perfils, revestiments de sòls i parets, canonades, aïllament de cables, mànegues de reg, piscines inflables, etc.	
PUR (poliuretà reticulat)	7,7	Aïllaments per a la construcció, coixins i matalassos, escumes aïllants per a frigorífics, etc.	
PET (polietilè tereftalat)	7,4	Ampolles d'aigua, refrescos, suc, productes de neteja, etc.	
PS (poliestirè) EPS (poliestirè expandit)	6,6	Muntures d'ulleres, gots de plàstic, safates d'ous (PS), envasos, aïllaments per a la construcció (EPS), etc.	
Altres (policarbonat, polimetil metacrilat, etc.)	19	Fibra òptica, lents per a ulleres, làmines per a sostres, pantal·lons tàctils, productes quirúrgics, etc.	

Taula 1. Percentatge de la demanda de polímers a Europa l'any 2017
(Font: Elaboració pròpia)

Els plàstics normalment es fabriquen a partir de combustibles fòssils, però la biomassa (per exemple el blat de moro o els olis vegetals) cada cop s'utilitza més. Un cop el polímer és sintetitzat, les propietats del material seran les mateixes, independentment del tipus de matèria primera utilitzada.

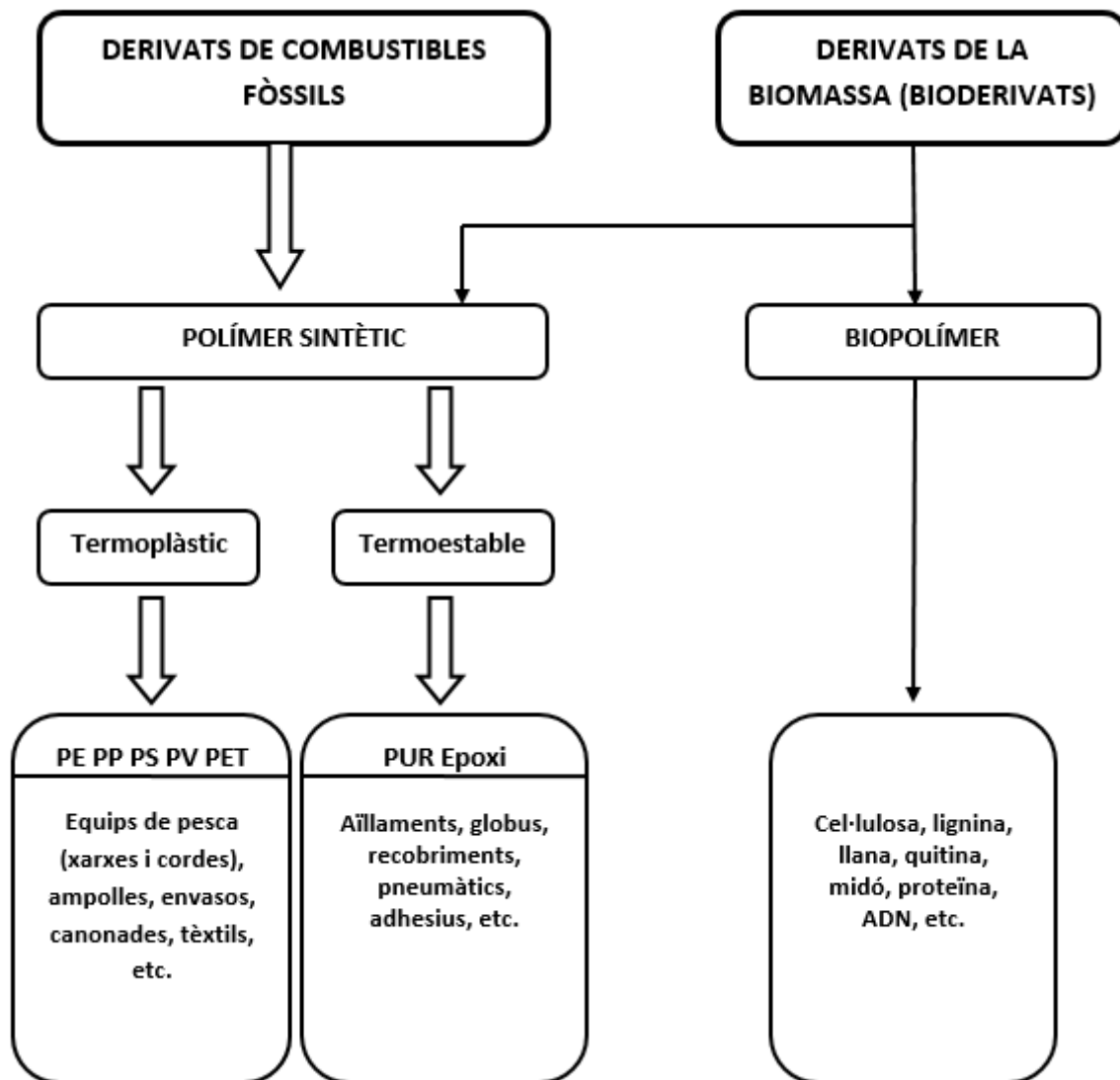


Figura 1. Classificació dels polímers segons el seu origen i derivació
(Font: Elaboració pròpia basada en un estudi d'UNEP (United Nations Environment Programme))

2.1.1 Els bioplàstics

Els bioplàstics són una gran família de materials amb diferents propietats i aplicacions. Segons *European Bioplastics*², un material de plàstic es defineix com un bioplàstic si es bioderivat, biodegradable o presenta les dues propietats conjuntes. El terme “bioderivat” significa que el material o el producte és derivat de la biomassa. La biomassa utilitzada per als bioplàstics prové per exemple del blat de moro, de la canya de sucre o de la cel·lulosa.

Pel que fa als biodegradables, aquests han estat dissenyats per ser més susceptibles a la degradació. La biodegradació és un procés químic durant el qual els microorganismes existents a l'entorn converteixen els materials en substàncies naturals com l'aigua, el diòxid de carboni o en el compost (no s'hi necessiten additius artificials). El procés de biodegradació depèn de les condicions ambientals circumdants (per exemple la ubicació o la temperatura), del material i de l'aplicació. Alguns polímers comuns no biodegradables, com ara el polietilè, a vegades es fabriquen amb un additiu basat en metall que resulta en una fragmentació més ràpida (oxo-degradació). Això fa augmentar la taxa de formació de microplàstics, però no hi ha proves científiques evidents que indiquin que la degradació es produeixi més ràpidament que en el polietilè no modificat.

Per tant, bioderivat no és el mateix que biodegradable. La propietat de la biodegradació no depèn de la base del recurs d'un material, sinó que està relacionada amb la seva estructura química. Una altra de les propietats que poden tenir els plàstics i que es sol confondre amb la biodegradació, és el fet de ser compostables. Aquests estan dissenyats per descompondre's completament en certes condicions que es compleixen en instal·lacions especialitzades de compostatge i convertir-se en adob o en compost.

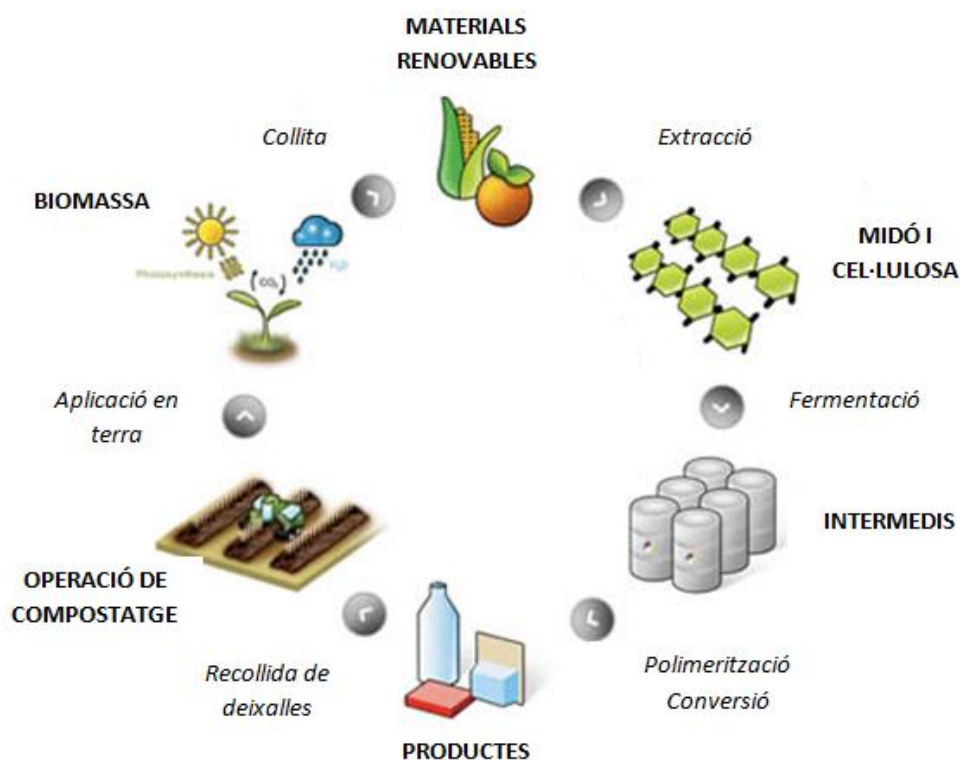


Figura 2. Cicle de vida ideal dels bioplàstics bioderivats compostables
(Font: *Tecnología del Plástico (Adaptació pròpia)*)

2.1.2 Els microplàstics i nanoplàstics

MICROPLÀSTICS

Els microplàstics s'han definit com a partícules de plàstic inferiors a 5mm de diàmetre (als que superen aquesta mida se'ls anomena macroplàstics). Aquesta definició ha estat adoptada en termes pràctics, ja que es considera la mida sota la qual es produeix la ingestió de moltes espècies de biota aquàtica (GESAMP³, 2015). Es classifiquen en gran mesura per les seves característiques morfològiques: mida, forma i color. La mida és un factor important a l'hora d'estudiar els microplàstics, ja que dicta el rang d'organismes que pot afectar. Quan informen de la forma del microplàstic, els investigadors solen utilitzar varies categories (tot i que la nomenclatura utilitzada varia entre els diferents grups d'investigació), com ara: fragments, fibres, microesferes, etc.

Els colors són sovint reportats en un ampli espectre; la diferenciació del color es subjectiva i la identificació visual dels microplàstics no es pot basar només en el color. S'ha d'anar amb compte a l'hora de categoritzar els que pateixen fragilització, fragmentació o blanqueig, o incrustació amb la biota, ja que això pot afectar en els resultats.

Un cop alliberats a l'oceà, el destí mediambiental dels microplàstics depèn principalment de la densitat del polímer que influeix en la flotabilitat, la posició en la columna d'aigua i la consegüent possible interacció amb la biota. Els polímers més densos que l'aigua de mar ($>1,027\text{g/cm}^3$, per exemple el polietilè tereftalat (PET)) s'enfonsaran, mentre que aquells amb menor densitat (per exemple el polietilè (PE) i el polipropilè (PP)) tendiran a surar a la columna d'aigua. Alguns processos com ara la incrustació i la colonització d'organismes a la superfície plàstica fan augmentar el pes de les partícules, accelerant així el seu enfonsament cap als sediments inferiors. També la degradació, la fragmentació i la lixiviació⁴ d'additius poden canviar la densitat dels objectes i la seva distribució dins de la columna d'aigua. Podem distingir dos tipus de microplàstics: els primaris i els secundaris. Els primaris són partícules que es fabriquen en un rang de mida inferior a 5mm. Inclouen:

POLÍMER	DENSITAT (g/cm ³)
<i>Polipropilè (PP)</i>	0,90 – 0,92
<i>Polietilè (PE)</i>	0,91 – 0,95
<i>Poliestirè expandit (EPS)</i>	1,01 – 1,05
<i>Poliestirè (PS)</i>	1,04 – 1,09
<i>Policlorur de vinil (PVC)</i>	1,16 – 1,30
<i>Poliamida (PA)</i>	1,13 – 1,15
<i>Acetat de cel·lulosa (CA)</i>	1,22 – 1,24
<i>Polietilè tereftalat (PET)</i>	1,34 – 1,39
<i>Resina de polièster + Fibra de vidre</i>	<1,35
<i>Aigua pura</i>	1,00
<i>Aigua de mar</i>	1,027
<i>Aigua salobre⁵</i>	1,005 – 1,012

Taula 2. Densitat dels polímers
(Font: Elaboració pròpia)

- 1) Pel·lets⁶ de resina de preproducció, els quals s'utilitzen en la fabricació de plàstics i solen tenir una mida de 3-5mm.
- 2) Microesferes⁷ incorporades a productes cosmètics.
- 3) Microplàstics en forma de perles utilitzats com a abrasius en aire/aigua per a la neteja de superfícies d'edificis i de cascs de vaixells.

La via d'entrada de microplàstics primaris al medi ambient depèn de la seva aplicació: les partícules procedents dels productes cosmètics normalment entren a través de les aigües residuals; les procedents de les tasques abrasives de superfícies entren a través de l'atmosfera i de les aigües residuals; i les utilitzades com a matèria primera poden entrar en l'entorn a través de pèrdues accidentals durant el transport i el transbord o a través de l'escorrentia de les plantes de transformació. Quan les partícules són massa petites per a la seva retenció en les plantes de tractament d'aigües residuals, poden arribar directament als oceans o passar per canals d'aigua dolça per entrar posteriorment al medi marí.

Els microplàstics secundaris són el subproducte de la fragmentació i la degradació dels plàstics més grans en el medi ambient. La generació d'aquests pot ocórrer durant l'ús de productes de plàstic (tèxtils, pintures, pneumàtics, etc.) o un cop han estat abandonats a l'entorn. Existeixen múltiples vies per a l'entrada d'aquests fragments al medi ambient, com per exemple:

- Les partícules tèxtils poden entrar a través de les aigües residuals després del rentat o a través de l'aire quan es fa l'assecatge.
- Els fragments generats pel desgast dels plàstics utilitzats en aplicacions agrícoles poden arribar a entrar a l'entorn a través de la superfície del sòl.
- L'abrasió dels pneumàtics durant el seu ús genera microplàstics que entren al medi a través de l'aire i la superfície.
- La desintegració de productes en abocadors causada per la llum ultraviolada (UV) pot introduir microplàstics a l'atmosfera, als rius i a l'oceà a través del vent i la superfície.
- El fraccionament de les escombraries de plàstic a les zones costaneres i a les platges que poden romandre en sediments o ser transportades al llarg de la costa.

Els principals factors ambientals relacionats amb la generació de microplàstics secundaris són l'exposició d'aquests a la llum UV, la temperatura i l'abrasió. En entorns aquàtics, les zones amb una exposició als rajos UV reduïda i baixa temperatura (com ara el mar profund) faran més lent el procés de generació d'aquests microplàstics.

NANOPLÀSTICS

Per una altra part es troben els nanoplàstics, els quals es defineixen com un material amb almenys una dimensió externa a escala nanomètrica, aproximadament en la regió des d'un nanòmetre (nm) a 100nm. Igual que en el cas dels microplàstics, poden ser tant primaris com secundaris. Els primers estan dissenyats amb aquest rang de grandària per a diverses aplicacions industrials i, tal com passa amb els microplàstics més petits, no es poden retenir en les plantes de tractament d'aigües residuals i per tant acaben entrant al medi aquàtic. Els nanoplàstics secundaris són els que es produeixen durant la fragmentació i fraccionament dels residus microplàstics.

Hi ha experiments de laboratori que han demostrat que amb la degradació de les tapes de tassa de cafè d'un sol ús de poliestirè (PS) es formen nanoplàstics al llarg del temps. Possiblement, la degradació microbiana podria tenir un paper important, ja que s'han identificat diversos microorganismes

degradants d'hidrocarburs en residus de plàstic als oceans. Els mètodes actuals de detecció de microplàstics no s'estenen a les partícules del rang nano. Així doncs, es sap poc sobre l'aparició i distribució de nanoplàstics en l'entorn.

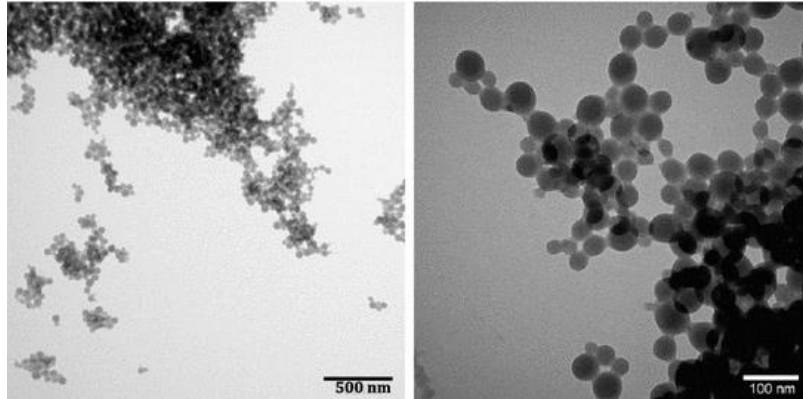


Figura 3. Nanoplàstics (poliestirè, 70nm) en aigua dolça (esquerra) i en aigua de mar (dreta)
(Font: Marine Anthropogenic Litter)

2.2 Productes químics additius

Molts plàstics solen contenir una àmplia varietat de compostos addicionals que s'afegeixen per tal de modificar les propietats de l'element final. Aquests additius poden ajudar per exemple a fer que el polímer sigui més flexible, a variar la resistència a la degradació UV, afegir color, etc. Alguns d'aquests productes químics additius són bastant benignes, mentre que altres s'ha demostrat que poden arribar a tenir efectes toxicològics significatius sobre les poblacions humanes i no humanes a través de la ingestió, la inhalació i el contacte cutani.

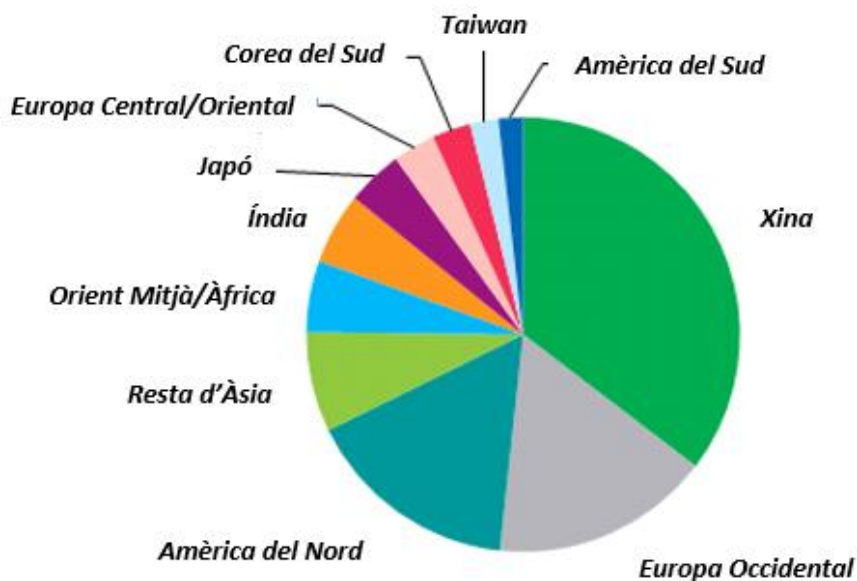


Figura 4. Consum d'additius a nivell mundial l'any 2016
(Font: IHS Markit (Adaptació pròpia))

Els additius que es barregen amb el plàstic durant la fabricació es poden alliberar al medi ambient amb el pas del temps, especialment quan el plàstic comença a degradar-se. Aquests productes químics poden ser reabsorbits en altres partícules de plàstic o en lípids (greixos) i, per tant, entrar a la cadena alimentària per una ruta secundària.

La proporció relativa d'aquests additius varia molt segons el tipus de polímer i l'aplicació prevista. A més, alguns monòmers⁸ utilitzats en la producció de certs plàstics tendeixen a desorbitar-se. Els additius més habituals utilitzats en els processos de fabricació són:

1) Ftalats:

S'utilitzen com a additius per fer que els plàstics siguin més flexibles i resistent a la ruptura no desitjada. S'utilitzen principalment en la producció de PVC que condueix a una alta proporció (del 10% al 60%) de ftalats en pes. Aquestes molècules causen preocupació, ja que algunes tenen la capacitat d'actuar com a disruptors endocrins, el qual significa que poden ser capaces d'alterar l'equilibri hormonal dels organismes d'una espècie, és a dir, de generar la interrupció d'alguns processos fisiològics controlats per hormones, o de generar una resposta de major o menor intensitat que l'habitual.

2) Bisfenol A (BPA):

És un dels productes químics més produïts, amb una capacitat de producció mundial d'aproximadament 5,2 milions de tones l'any 2008. S'utilitza principalment com a bloc monomèric de plàstics de policarbonat i resines epoxi, però també pot ser utilitzat com a additiu en altres polímers (PE, PP, PVC). La filtració de BPA en el medi aquàtic pot ocórrer a partir de residus d'envasos d'aliments i begudes o a través de les aigües residuals no tractades que entren al medi ambient.

Hi ha certa preocupació pel fet de que el BPA pugui actuar com a disruptor endocrí. L'any 2017 va ser inclòs a la llista de substàncies candidates extremadament preocupants a la Unió Europea degut als seus efectes potencialment tòxics per a la capacitat reproductora i a les seves propietats potencials d'alteració endocrina. Al desembre de l'any 2016 la Comissió Europea va prendre la decisió de restringir l'ús del BPA en el paper tèrmic a la Unió Europea (prohibició que ha entrat en vigor al 2020). Hi ha altres compostos de bisfenol que s'utilitzen en la fabricació de plàstics, com ara el bisfenol F o el bisfenol S, però la seva toxicitat és desconeguda.

3) Retardants de flama:

S'utilitzen com a element de seguretat en dispositius electrònics, escumes d'aïllament, mobles, teles i molts altres articles de plàstic per reduir la seva inflamabilitat. Aquest tipus d'additius augmenten la resistència a la ignició del plàstic, i un cop encès redueixen el ritme de propagació de la flama. En termes pràctics, els plàstics amb aquests additius tenen una major resistència a la ignició en presència d'una flama, necessiten més temps per cremar-se, generen molt menys fum i generaran menys calor en comparació amb el plàstic no modificat. No obstant això, cal assenyalar que un plàstic combustible no es converteix en un no combustible per l'addició d'un additiu retardant de flama. Tot el que l'addició d'un retardant de flama farà serà permetre més

temps per reaccionar o a contenir un foc fins que es pugui extingir. Les principals categories de sistemes retardants de flama que s'utilitzen per als plàstics són:

- Els halògens.
- El fòsfor (vermell i blanc).
- Hidrats metàl·lics.
- El cianurat de melamina.

4) Nonilfenols:

Són compostos orgànics que s'utilitzen com a estabilitzadors per exemple en envasos d'aliments, i com a antioxidants en polímers com el cautxú, el vinil, el PE i el PVC. S'utilitzen àmpliament en detergents, pintures, pesticides i productes de cura personal. Les principals vies d'entrada dels nonilfenols en el medi ambient són els efluent de les plantes de tractament d'aigües residuals. Aquests additius es consideren disruptors endocrins. Diversos estudis van demostrar que es poden observar efectes sinèrgics al coincidir amb altres compostos com ara plastificants, BPA o retardants de flama, és a dir, que al actuar conjuntament amb aquests, incrementen els seus efectes.

2.3 Producció i concentració al mar

Actualment les quatre regions que dominen la producció són: Xina, Àsia (excloent Xina), Europa i Amèrica del Nord. La producció a gran escala de plàstics va començar a la dècada del 1950:

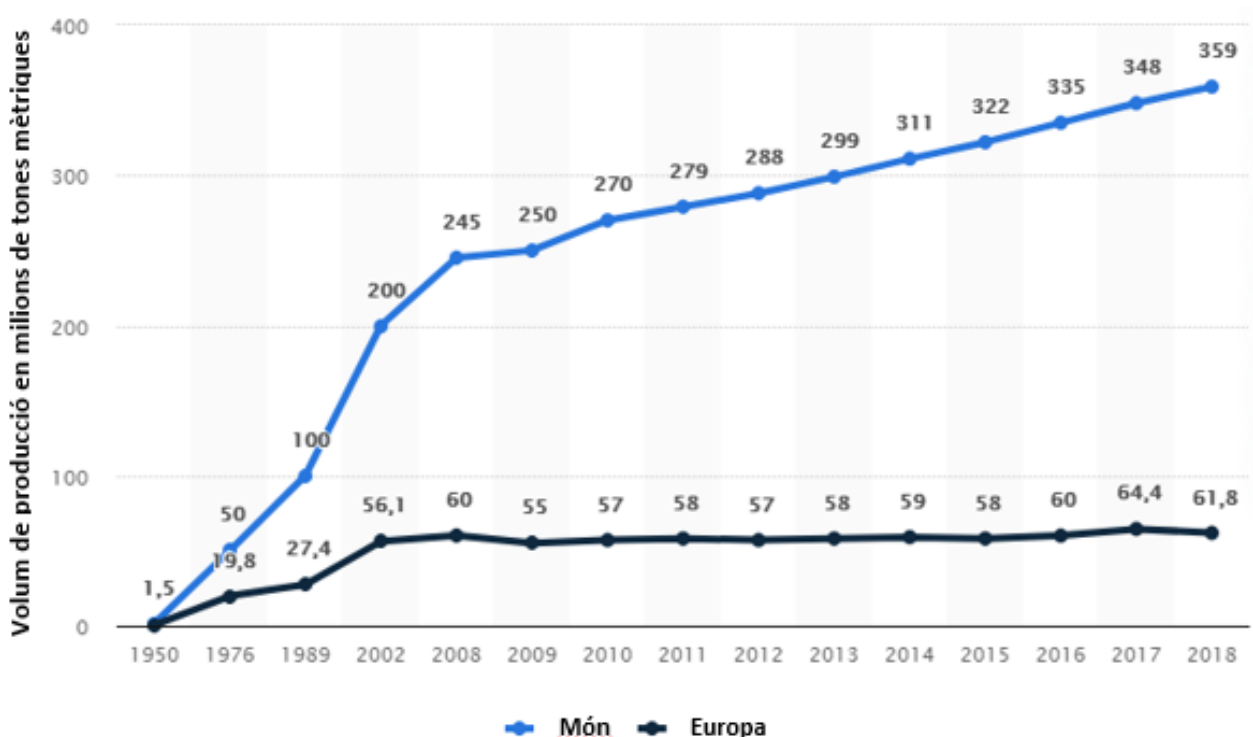


Figura 5. Producció de plàstic a nivell d'Europa i a nivell mundial, 1950-2018
(Font: Statista (Adaptació pròpia))

La producció va augmentar ràpidament i va respondre davant d'una creixent demanda de productes manufacturats i d'envasos per contenir-los i protegir-los. Això va anar acompanyat per una creixent diversificació dels tipus i les aplicacions del polímer sintètic. L'any 2018 es van produir globalment al voltant de 380 milions de tones de plàstic. Es produeixen molts tipus de plàstic diferents a nivell mundial, però el mercat està dominat per tres classes principals: el polipropilè (PP), el polietilè (PE) i el policlorur de vinil (PVC). A més de les classes principals de polímers, hi ha hagut una proliferació de nous polímers i copolímers per satisfer noves expectatives i mercats, fonamentalment impulsats per noves combinacions de monòmers existents. Les fibres sintètiques constitueixen una altra gran part de la producció de polímers sintètics (la seva producció mundial va ser d'uns 61 milions de tones l'any 2015). Aquestes han substituït les fibres naturals com el cotó, la llana i la seda, a causa del seu baix preu i la seva producció massiva.

La producció de plàstics i la seva generació de residus estan relacionats amb el creixement de la població humana. Aquesta ha augmentat d'aproximadament 3100 milions l'any 1961 a uns 7625 milions actualment al 2020 (segons les dades de Census Bureau (EU)), i s'espera que superi els 9000 milions al 2050. Les necessitats d'aquesta creixent població impulsen el mercat de productes bàsics, així com la demanda de productes de pesca, aquicultura, etc. Entre els aproximadament 2500 milions de tones de residus sòlids produïts globalment l'any 2010, al voltant de 270 van ser producte de males administracions de residus plàstics generats, i es calcula que entre els 4,8 i els 12,7 d'aquests residus van entrar als oceans. Si les tendències actuals de producció i ús continuen sense parar, es calcula que la producció augmentarà fins als 2000 milions de tones abans del 2050.

A causa de la mala gestió de tots aquests residus de plàstic, s'han anat creant unes enormes concentracions als mars i oceans, les quals, donades les seves magnituds, s'arriben a anomenar popularment "illes" o "taques" de plàstic. Aquestes àrees d'acumulació es caracteritzen per l'alta concentració de microplàstics que s'acumulen a la superfície del mar o que queden suspesos per tota la columna d'aigua. Malgrat aquesta alta concentració de partícules, aquestes zones són poc visibles i per això els termes "illa" o "taca" no són gaire adequats per descriure-les.

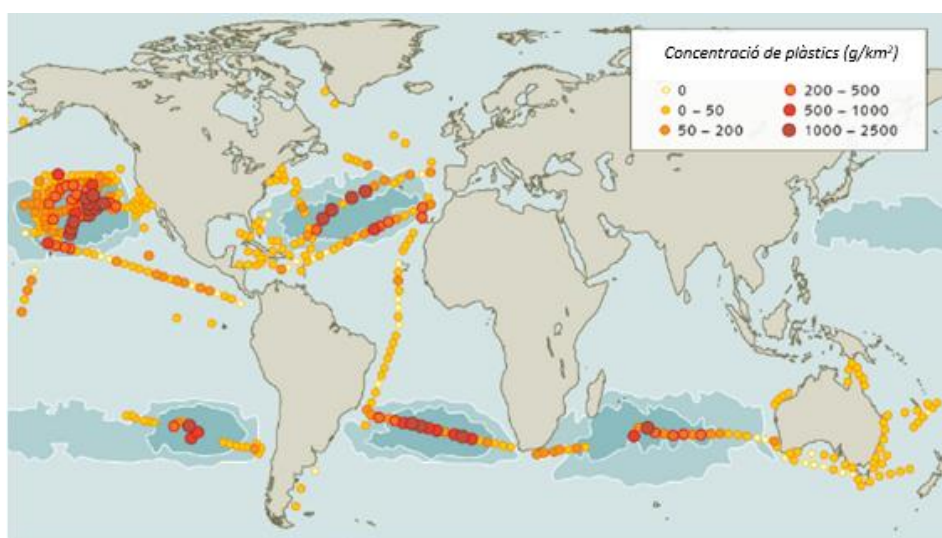


Figura 6. Mapa de la concentració de residus de plàstic en els oceans (g/km²), 2015

(Font: World Ocean Review (Adaptació pròpia))

Actualment existeixen potencialment cinc concentracions de plàstic disperses a nivell mundial, situades a l'oceà Pacífic nord i sud, a l'oceà Atlàntic nord i sud i a l'oceà Índic. De totes formes això no vol dir que siguin les úniques, ja que n'hi ha per tot el món però de mides molt menors. Simplement aquestes cinc concentracions es deuen a l'acumulació de més quantitat d'aquests residus a causa dels punts d'abocament i, sobretot, dels girs oceànics. Aquests girs són sistemes de corrents marins que es mouen en un patró circular. Són creats pels vents que es formen quan la Terra gira i pels patrons canviants del vent.

La concentració més gran i més famosa de totes és la situada al nord de l'oceà Pacífic, entre Hawaii i Califòrnia, coneguda com *The Great Pacific Garbage Patch*. Aquesta cobreix una superfície estimada d'1,6 milions de km², una superfície dues vegades la mida de Texas o tres vegades la mida de França. A causa de les variacions estacionals i interanuals dels vents i corrents, la ubicació i la forma d'aquesta concentració canvia constantment. Només els objectes flotants, predominantment influenciats per corrents i menys pels vents, podrien romandre-hi dintre. En un estudi es va estimar que hi suren un total d'1,8 bilions de peces de plàstic.

2.4 La degradació als oceans

Amb el pas del temps els plàstics tendeixen a degradar-se i comencen a perdre les seves propietats inicials, depenent de les condicions físiques, químiques i biològiques a les que estiguin sotmesos. La degradació causada pel desgast provoca una progressió de canvis, com ara: pèrdua de la integritat mecànica, fragilitat, fragmentació en microplàstics, etc.

Als anys 70 es va arribar a afirmar que els plàstics desapareixien totalment mitjançant processos de fotodegradació i oxidació, assumint que aquests materials es desintegraven per complet, reduint-se a una pols que s'absorbia ràpidament en l'ambient. No obstant això, aviat es va comprovar que el que realment estava passant era una degradació a partícules i fibres microscòpiques. És més, el descobriment de les grans concentracions de plàstic que s'estaven formant en els girs oceànics, demostrava que aquestes partícules seguien presents en el medi marí. Els processos de degradació del plàstic són extremadament lents, posant de relleu l'elevada persistència d'aquests materials en el medi ambient. S'afirma fins i tot que, tot el plàstic produït, tret d'aquell que ha estat incinerat o reciclat, roman avui dia en el medi ambient sense haver-se mineralitzat, encara que sí pot estar fragmentat.

2.4.1 Els plàstics convencionals

La limitació principal dels plàstics convencionals basats en petroli és el fet que es fragmenten sota els factors abiòtics (radiació UV, temperatura, etc.) amb el temps, i que no es poden descompondre i ser assimilats per microorganismes (factors biòtics) en un procés de biodegradació (sempre i quan no hagin estat dissenyats amb aquest fi mitjançant síntesis químiques). La velocitat de degradació dels plàstics depèn dels factors als quals s'exposin i, per tant, al compartiment ambiental en què es trobin. Aquí la radiació UV juga un paper molt important: el mar absorbeix ràpidament aquesta radiació, de manera que s'ha observat que els plàstics es degraden més lentament al mar que a les costes.

Les platges, donades les condicions que reuneixen perquè es donin processos de degradació física, incidència de raigs UV i major temperatura i disponibilitat d'oxigen que al mar profund, són entorns més favorables per a la degradació dels plàstics, encara que tot i així, menys que terra endins. Pel contrari en els fons oceànics, on els nivells d'oxigen i la temperatura són menors i en absència de radiació solar, la degradació és extremadament lenta. Un altre factor clau pel qual el temps de degradació dels plàstics varia és el tipus de polímer empleat, ja que cada polímer presenta unes característiques en particular en la seva composició. Les característiques crucials responsables de la resistència dels plàstics convencionals a la biodegradació inclouen:

OBJECTE DE PLÀSTIC	ANYS DE DESCOMPOSICIÓ
<i>Burilla de cigar (CA)</i>	10 - 15
<i>Bossa de supermercat (HDPE)</i>	10 - 100
<i>Envàs de iogurt (PP)</i>	100 - 500
<i>Tap d'ampolla (PP)</i>	100 - 500
<i>Raspall de dents (PA)</i>	+500
<i>Fil de pesca (PA)</i>	600
<i>Ampolla de refresc (PET)</i>	450 - 1000
<i>Ampolla de detergent (HDPE)</i>	500 - 1000

Taula 3. Anys de descomposició d'alguns objectes de plàstic
(Font: Elaboració pròpia)

- Una estructura de cadena llarga de polímers: han de ser primer despolimeritzats a monòmers més petits abans de poder travessar la membrana cel·lular.
- Un pes molecular elevat: és un obstacle crucial, ja que els grans compostos no es poden transportar a través de la membrana cel·lular dels microorganismes.
- Una falta de grup funcional⁹ favorable.
- La hidrofobicitat¹⁰.
- La cristalinitat¹¹.

2.4.2 Els plàstics biodegradables

Per una altra part es troben els plàstics biodegradables, els quals, tal com s'ha explicat a l'apartat 1.1.1, són materials completament assimilables pels microorganismes presents en un medi biològic actiu, que l'utilitzen com a font d'energia i aliment. El carboni de l'estructura dels plàstics s'ha de convertir completament en CO₂ durant l'activitat microbiana. La substitució dels plàstics actuals pels plàstics biodegradables és una proposta actual per disminuir l'efecte contaminant en el medi ambient. Les deixalles de plàstics biodegradables poden ser tractades com a orgàniques i després eliminades en els dipòsits sanitaris, on la seva degradació es realitzi en curts períodes de temps. En una consideració més àmplia, els polímers biodegradables es poden classificar de la següent manera:

- Polímers extrets o remoguts directament de la biomassa (bioderivats), com ara: polisacàrids (midó i cel·lulosa) i proteïnes (caseïna, queratina i col·lagen).
- Polímers produïts per síntesi química clàssica utilitzant monòmers biològics de fonts renovables (per exemple polietilè obtingut d'etanol provinent de la canya de sucre).

- Polímers produïts per microorganismes, bacteris productors nadius o modificats genèticament (per exemple l'àcid polilàctic, obtingut per processos fermentatius, a partir dels sucres).

Tal com s'ha explicat en l'apartat 2.1.1 del treball, no s'han de confondre els termes “biodegradable” i “compostable”. Els plàstics compostables són els dissenyats per descompondre's completament en instal·lacions especialitzades de compostatge en unes condicions específiques i convertir-se en adob o en compost.

2.4.3 Els plàstics oxo-degradables

Existeix un altre tipus de degradació, anomenada oxo-degradació. Els materials de plàstic oxo-degradables es caracteritzen per contenir additius, que presenten sals metàl·liques (ferro, magnesi, níquel, cobalt) que provoquen la fragmentació del polímer. Els metalls iònics catalitzen el procés de degradació natural (que en els materials de plàstic és molt lenta), d'uns centenars d'anys a uns pocs mesos. Aquests additius poden incorporar-se en un rang d'1 a 4% en formulacions de plàstics convencionals, facilitant el procés d'oxidació del polímer i trencant les cadenes en petites molècules, les quals es degradarien després per acció biològica.

Hi ha molts dubtes sobre els plàstics oxo-degradables, a causa de l'impacte que suposa la seva toxicitat per al medi ambient.

Capítol 3. Generació de residus de plàstic

Els impulsors de l'ús del plàstic inclouen la provisió d'aliments, la demanda d'energia, el transport, la provisió d'un habitatge i les activitats d'oci, els quals tendeixen a variar en funció del clima social i econòmic. Els models econòmics actuals tendeixen a mesurar l'èxit econòmic en termes de taxa de creixement econòmic (per exemple, el PIB) amb menys atenció en el grau en què els patrons de consum i les demandes socials són sostenibles a llarg termini. Això acaba influint, al seu torn, a la direcció de la innovació tecnològica, el disseny de productes, la demanda de consumidors i la generació i tractament de residus.

Malauradament, l'economia de mercat no ha tingut en compte les externalitats mediambientals, en aquest cas els impactes socials, ecològics i econòmics de les escombraries marines. L'actual "economia del plàstic" s'ha caracteritzat per un patró lineal de producció i consum, generant volums de residus sense precedents, que finalment són molt ineficients econòmicament. L'entrada del plàstic cap als oceans pot ocórrer en totes les etapes d'aquest procés, i la resposta ha estat generalment irregular i ineficaç.

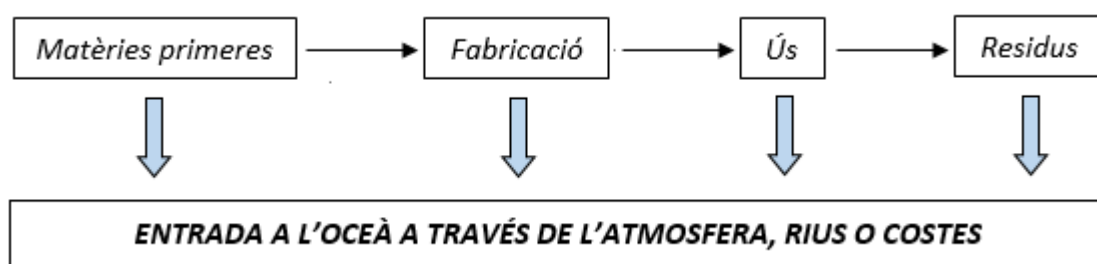


Figura 7. Representació simplificada d'un enfocament lineal de la producció i l'ús dels plàstics
(Font: Elaboració pròpia a partir d'un estudi d'UNEP)

El nostre continuat fracàs a l'hora de tenir en compte el caràcter insostenible de l'actual "economia del plàstic", en termes dels nivells creixents de residus de plàstic marins, sembla que fa inevitable que les futures generacions es privin d'almenys alguns serveis de l'ecosistema que ara donem per fets. Evidentment, aquest fracàs no es limita a la producció i ús de plàstics, sinó que és simptomàtic d'una tendència més generalitzada basada en buscar el creixement econòmic descuidant l'impacte en els ecosistemes i la societat.

3.1 Generació en sectors terrestres

➤ RECICLATGE DE PLÀSTICS

El sector del reciclatge de plàstics considera el plàstic com un recurs valuós, en lloc d'utilitzar-lo i després llençar-lo. Les pèrdues derivades d'aquest sector no estan quantificades, però es pot esperar que siguin relativament baixes, sempre que es respectin les pràctiques adequades de gestió de residus.

Malgrat això, les pèrdues poden ser molt més grans en les instal·lacions municipals mal gestionades i en els sectors informals de reciclatge de residus.

➤ L'ENVASAMENT

Al voltant del 40% de tota la producció de plàstic s'utilitza per a l'envasament. Una proporció substancial d'això s'utilitza per envasar aliments i begudes, i hi ha beneficis evidents en fer-ho, com per exemple minimitzar el malbaratament d'aquests. L'envasament de menjar i begudes també s'utilitza àmpliament per un motiu de comoditat, com ara per exemple els envasos de menjar ràpid, els quals, sovint quan els consumidors estan fora de casa, solen acabar en llocs indeguts com ara les platges. Per aquest i per molts motius més, una gran part dels plàstics que es troben als oceans es tracta bàsicament d'envasos.

➤ AGRICULTURA

Els plàstics s'utilitzen en molts aspectes de l'agricultura, com ara les canonades de reg, els contenidors de sembra, les malles protectores, etc. S'han realitzat informes que diuen que alguns d'aquests materials acaben a l'oceà i que, fins i tot, s'ha demostrat que han arribat a ser ingerits per organismes marins. A més, els polímers sintètics cada cop s'utilitzen més per encapsular grànuls de fertilitzant, amb clars beneficis tant per la producció de cultius com per a la reducció de concentracions excessives de nutrients als rius i les aigües costeres. Aquest excés de nutrients (bàsicament nitrogen i fòsfor) a l'aigua fa que la vegetació creixi tan ràpid que els ecosistemes no poden lidiar amb tal quantitat. Un augment significatiu de la quantitat d'alga deteriora la qualitat de l'aigua, els aliments i els hàbitats, i redueix l'oxigen que els peixos i altres espècies necessiten per viure. Algunes proliferacions d'algues poden arribar a ser perjudicials pels humans, ja que produeixen quantitats elevades de toxines i creixement bacterià.

Actualment es desconeix en quina mesura els usos més convencionals i nous dels plàstics en l'agricultura contribueixen en la quantitat de residus marins.

➤ CONSTRUCCIÓ

La indústria de la construcció és un important usuari de plàstics, tot i que el seu potencial com a font de residus marins no ha estat ben definit. Evidentment els plàstics provinents de la construcció entren en el flux de residus sòlids, i el grau amb el que contribueixen a l'acumulació de plàstics marins depèn de l'eficàcia de la gestió d'aquests.

➤ TURISME COSTANER

El turisme costaner es basa en una varietat d'entreteniments buscats, com ara platges, sol, aigua, biodiversitat marina, aliments i patrimoni cultural i històric. Això porta a la creació de serveis, llocs de treball i infraestructures (hotels, complexos turístics, restaurants, ports, zones de pesca i busseig, etc.).

Per desgràcia, el turisme costaner ha estat reconegut com una font molt important de residus de plàstics, molt sovint pel fet de llençar les deixalles, sigui intencionadament o no, a les platges i costes. La varietat d'activitats i instal·lacions involucrades significa que hi ha múltiples vies per les quals es produeixen deixalles, i cada cop més, ja que el turisme continua creixent a la majoria dels països. L'any 2015, els ingressos totals per exportació del turisme internacional es van estimar a 1,5 bilions de dòlars, repartits entre Europa (41%), Àsia i el Pacífic (30%), Amèrica (22%), Orient Mitjà (4%) i Àfrica (3%). La proporció que pertany al turisme costaner no està del tot clara. No obstant això, els països que voregen destinacions populars com el Mediterrani tindran una major proporció de turistes costaners, tant internacionals com interns.



Figura 8. Platja plena de residus produïts pel turisme costaner

(Font: China Global Television Network)

3.1.1 Generació de microplàstics

➤ COSMÈTICA I CURA PERSONAL

Els microplàstics s'utilitzen àmpliament com agents abrasius i com a farciments en una àmplia gamma de productes cosmètics i de cura personal, com ara exfoliants facials i gels de dutxa, mentre que els nanoplàstics s'utilitzen per exemple en protectors solars. El problema apareix quan aquestes partícules són alliberades inevitablement als sistemes d'aigües residuals, ja sigui al rentar-les o bé directament en els ambients aquàtics a través de banys recreatius (piscines, jacuzzis, saunes). El nombre total de microplàstics en un producte cosmètic típic pot ser considerable; per exemple, s'ha estimat que es poden alliberar de 4600 a 94500 microesferes de plàstic per aplicació d'un exfoliant per la pell.



Figura 9. Producte cosmètic amb microesferes de plàstic
(Font: NY Times)



Figura 10. Gota d'aigua amb microplàstics provinents de cosmètics
(Font: UNEP)

Es considera inevitable que una gran quantitat de microplàstics acabin als canals d'aigua, això sí, depenent de l'existència i l'eficàcia que puguin tenir les instal·lacions de tractament d'aigües residuals. Per exemple, algunes plantes modernes de Suècia i St. Petersburg retenen més del 96% dels microplàstics per filtració. Tot i això, hi hagut països que donada la contaminació que suposa la utilització de les microesferes en productes cosmètics, van decidir prohibir-les. Als Estats Units, la llei *Microbead-Free Waters Act, 2015* (Llei d'Aigües Lliures de Microesferes), va prohibir les microesferes en cosmètics per exfoliació des del juliol de l'any 2017. Els països de Canadà, França, Nova Zelanda, Suècia, Taiwan i el Regne Unit, també les van prohibir.

➤ TÈXTILS I ROBA

L'alliberament de fibres procedents de tèxtils i peces de roba és reconegut com una font potencial important de microplàstics, especialment durant el seu rentat. Com en la resta de fonts de microplàstics, les plantes de tractament d'aigües residuals aconseguixen retenir una proporció variable d'aquests, depenent de l'existència, el disseny i l'eficàcia de les instal·lacions. Malgrat això, és evident que un nombre significatiu de fibres tèxtils arriben a entrar a l'ambient marí, ja que es troben quantitats relativament grans de sediments en territoris costaners i a la vora del mar.

Es poden esperar diferències regionals significatives a causa de les diferències en l'elecció dels teixits (per exemple si són sintètics o naturals), en l'accés a instal·lacions especials pel seu rentat, en els tipus de detergents utilitat, la freqüència de rentat, etc.

➤ TRANSPORT TERRESTRE

L'emissió de partícules de plàstic (principalment <80 micròmetres) a partir del desgast dels pneumàtics ha estat reconeguda recentment a Noruega, els Països Baixos i Alemanya, com una potencial font important de contaminació de microplàstics al mar. Durant la vida útil d'un pneumàtic i degut a la fricció amb el paviment, aquest es va desgastant emetent al medi ambient micropartícules. El procés està influenciat per múltiples factors com ara les característiques de rugositat del paviment, les pròpies característiques del pneumàtic, la pressió i temperatura, la velocitat del vehicle, l'acceleració, la frenada o les condicions meteorològiques. Tot i que per la seva mida moltes d'aquestes emissions poden estar a l'atmosfera en forma de pols fina, les partícules més grans seran arrastrades per la pluja o pel vent podent acabar a les aigües superficials i, finalment, al mar.

Els pneumàtics estan fabricats en gran mesura amb cautxú sintètic, com ara el estirè-butadiè (SBR). S'estima que a nivell d'Europa, es produeix mig milió de tones d'aquests microplàstics a causa del desgast dels pneumàtics. Als Països Baixos, cada any una quantitat estimada de 17000 és alliberada al medi ambient. Pel que fa a Noruega, Suècia i Alemanya, són de 4500, 10000 i 110000 tones respectivament.

➤ PRODUCCIÓ I FABRICACIÓ

La indústria del plàstic tendeix a produir i transportar els plàstics en forma de pel·lets de resina circulars o cilíndrics, de pocs mm de diàmetre. Aquests es transporten cap a altres instal·lacions on el plàstic es processa encara més i, finalment, es fa servir per a la fabricació d'un producte acabat o com a component per a la formació d'un producte més complex. Hi ha hagut molts casos de pèrdues accidentals de pel·lets de plàstic durant el transport, el transbord o en les pròpies instal·lacions de fabricació. A causa d'això, s'han trobat quantitats importants d'aquests tipus de pel·lets al medi marí.

➤ MANTENIMENT I DESMANTELLAMENT DE VAIXELLS

Els cascs dels vaixells s'han de netejar regularment per tal d'eliminar el creixement biològic i permetre tornar a pintar-lo. Tradicionalment aquestes operacions s'efectuaven mitjançant aire amb grans de sorra, però en l'actualitat a vegades s'utilitzen partícules de plàstic, les quals també s'empren per netejar l'interior dels tancs. Això possibilita el fet de que es puguin alliberar al medi ambient dos tipus de microplàstics: la pols de plàstic abrasiva original (primaris) i els flocs de pintura (secundaris), que sovint contenen una base de polímer. Aproximadament el 70% dels vaixells són desmantellats al sud d'Àsia (Índia, Bangladesh i Pakistan), molt sovint a la costa, amb un 19% més que a la Xina. Els principals materials reciclats són l'acer i altres metalls, amb substàncies arriscades per al medi ambient com ara els olis que s'extreuen. Tot i que els plàstics representen una petita fracció de la massa total del material, es produeixen fragments (com ara flocs de pintura) que s'acaben introduint a l'oceà, tret que s'utilitzin els mètodes adequats per tal d'impedir-ho.



Figura 11. Neteja del casc d'un vaixell
(Font: Wikipedia)

3.1.2 Gestió dels residus produïts

Les aigües residuals són una important via per la qual productes químics dissolts i residus en forma de partícules sòlides (els quals inclouen microplàstics) són transportats i arriben als hàbitats aquàtics. Els elements sòlids més grans (macroplàstics) poden entrar al sistema d'aigües residuals a través dels lavabos per exemple, i poden incloure bolquers, tampons, anticonceptius i bastonets de cotó. Teòricament, aquests deuen ser eliminats mitjançant un tractament primari d'aigües residuals evitant així la seva entrada al medi ambient. No obstant això, en condicions de fortes pluges, els sistemes de clavegueram es poden veure aclaparats pel volum d'aigua que hi ha i els elements esmentats anteriorment es poden escapar a causa dels desbordaments cap a cursos d'aigua no tractats.

A més dels macroplàstics, els microplàstics provinents de productes cosmètics o del rentat de tèxtils també són transportats a través de les aigües residuals, i existeix evidència de que algunes d'aquestes petites partícules tenen la capacitat de travessar els sistemes de tractament i passar directament als

hàbitats aquàtics. A algunes ciutats en àrees d'altres nevades hivernals, la neu acumulada pot ser abocada directament a les aigües costaneres, superant així el sistema de tractament d'aigües residuals, i proporcionant un camí addicional pels microplàstics fins a l'oceà.

Existeixen diferències regionals molt significatives pel que fa a la recollida d'aigües residuals i al grau del seu tractament posterior. En alguns països europeus, prop del 100% de les aigües residuals municipals són recollides i sotmeses a algun tipus de tractament terciari. Pel contrari, es calcula que aproximadament el 90% de totes les aigües residuals generades als països en desenvolupament es descarreguen sense tractament primari, el qual sol estar dissenyat per eliminar els sòlids relativament grans. Pel que fa al tractament secundari, aquest està dissenyat per tal d'eliminar la matèria biològica dissolta i suspesa que hi hagi. En aquesta fase seria possible introduir una filtració més eficaç per als microplàstics, però això, segons el context social i econòmic del municipi o del país que es tracti, pot ser difícil de realitzar-se en termes de cost-benefici. El tractament terciari ofereix opcions per desinfectar i eliminar nutrients i productes farmacèutics. Aquest és relativament car per a molts països i només es pot dur a terme quan es tracta d'un hàbitat sensible o per qüestió de salut humana.

3.2 Generació en sectors marítims

➤ PESCA COMERCIAL

El sector pesquer comercial ha adoptat àmpliament els plàstics, a causa dels múltiples avantatges que aquests ofereixen per sobre de les fibres naturals més tradicionals. Les pèrdues principals d'aquest sector inclouen la pèrdua d'equips de pesca (xarxes, caps, fils o flotadors), articles auxiliars (guants o caixes de peix) i l'alliberament de fibres i altres fragments a causa del desgast. Els equips de pesca es poden arribar a perdre al mar, ja sigui per accident o bé per abandonament voluntari per part dels pescadors. Tot aquest material perdut o abandonat probablement representa la categoria més gran en quant a volum i impacte potencial de totes les vies marítimes per les quals els plàstics arriben al mar.



Figura 12. Exemples de diferents tipus d'articles de pesca
(Font: UNEP)

Les diferències regionals en el tipus i quantitat de residus marins relacionats amb la pesca es deuen a molts factors, els quals inclouen:

- L'existència i eficàcia de la gestió del tipus de pesca (per exemple si es artesanal o comercial a gran escala).
- El tipus d'equips de pesca.
- L'entorn de pesca, incloses les condicions del fons marí i de l'aigua, i les condicions meteorològiques.
- Treballar amb més material del que es pot transportar regularment.
- Nivells d'educació i formació de la tripulació.

➤ AQÜICULTURA

L'aqüicultura marina (costanera) inclou operacions de producció al mar i en zones intermareals, així com les operades amb instal·lacions i estructures de producció terrestres. Tot i que el creixement de l'aqüicultura en aigües d'interior ha superat el creixement de l'aqüicultura marina des de l'any 1980, la producció global ha continuat expandint-se. Les estructures destinades a l'aqüicultura es troben o bé suspeses a la superfície del mar (generalment en aigües de 10-50m de profunditat), o situades directament al fons de zones intermareals poc profundes. La majoria de les activitats que es duen a terme utilitzen gàbies o xarxes suspeses d'estructures flotants, sovint formades per plàstics (com per exemple boies plenes d'aire). Aquestes estructures requereixen de gàbies de diversos tipus (xarxes de plàstic de filament tant prim com gruixut, flotants o no flotants).

Les estructures d'aqüicultura es perden a causa del desgast de les cordes d'ancoratge, de les tempestes, o bé pels accidents i conflictes que es produeixen amb altres usuaris d'aquest tipus d'activitats. Les condicions meteorològiques poden arribar a causar danys generalitzats a les estructures d'aqüicultura, a vegades generant grans quantitats de deixalles marines.



Figura 13. Instal·lació d'estructures amb xarxes destinades a l'aqüicultura
(Font: Rimatex)

➤ COMERÇ MARÍTIM

Segons els termes de l'Annex V del conveni MARPOL, no hi hauria d'haver cap tipus d'eliminació deliberada de plàstics al mar per part dels vaixells o de les estructures situades en alta mar (incloent-hi aigües fora de la jurisdicció nacional). Malauradament, hi ha proves evidents que indiquen que aquesta pràctica encara continua. Existeix una dificultat inherent per fer complir la normativa. A més de l'eliminació il·legal, hi ha hagut molts incidents de pèrdua de càrrega, particularment de contenidors que en alguns casos han donat lloc a vessaments de microplàstics. Una revisió dels motius pels quals succeeixen aquestes pèrdues va concloure en que hi havia diversos factors contributius, com ara:

- Sobrecàrrega de contenidors individuals.
- Fixacions en mal estat.
- Col·locació de contenidors pesats per sobre dels més lleugers.
- Falta d'apreciació per part de la tripulació de les càrregues addicionals col·locades en piles, en situacions de forts temporals que condueixen a un ajustament inadequat de la velocitat i direcció del vaixell.

➤ TURISME MARÍTIM

Els vaixells de creuers acostumen a transportar milers de persones. Són més aviat com grans pobles flotants, pel que generen una quantitat equivalent de residus de plàstic. Els més moderns disposen de sistemes de gestió de residus sòlids i líquids molt sofisticats, però a vegades els sòlids es descarreguen a terra en ports amb infraestructures inadequades. A més, algunes empreses de creuers també es dediquen a la dubtosa pràctica de múltiples llançaments de globus, malgrat el clar impacte ecològic que això pot causar. Una tendència a l'alça en "l'ecoturisme" ha portat a un nombre creixent de vaixells a visitar llocs més remots, inclosa l'Antàrtida. Fins a quin punt aquests recorreguts produeixen contaminació per plàstics no està del tot clar.

➤ ACTIVITATS DE LLEURE

Molts usuaris recreatius de l'oceà, en particular aquells que hi ha a les comunitats de submarinisme i surf, adopten un enfocament ambientalment responsable de les seves activitats. De fet, alguns estan al capdavant de campanyes de protecció del medi marí i de recuperació de residus. Malauradament, n'hi ha d'altres amb una actitud menys responsable. En algunes regions com ara el nord-oest d'Europa o la península de Corea, es habitual trobar fils de pesca i ganxos llençats per usuaris de la pesca recreativa. Les quantitats totals d'aquestes pèrdues es desconeixen.

3.2.1 Generació de microplàstics

Diverses activitats marítimes tenen com a resultat l'alliberament de microplàstics directament a l'oceà. La principal font de microplàstics primaris al mar es deu a la introducció de partícules de plàstic de resina com a resultat de pèrdues accidentals de càrregues. Una font més petita és la representada per l'ús de productes cosmètics i cura personal, sobretot pels passatgers en creuers. Pel que fa als microplàstics secundaris, el desgast rutinari dels equips de pesca i d'altres equipaments suposen la seva introducció als oceans.

Capítol 4. Impacte

4.1 Impacte en la fauna i flora marines

Cada cop hi ha més evidència del dany físic que suposa el plàstic per al medi marí, el qual dona lloc a conseqüències potencialment fatals. La mida de les deixalles, el tipus i la seva quantitat determinen les conseqüències pels éssers vius al mar, les quals poden incloure impactes físics com ara l'embolicament, la ingestió, el transport i l'alteració de l'hàbitat, així com els possibles impactes químics. A causa de la seva presència generalitzada a l'oceà, els residus de plàstic afecten a una àmplia gamma d'espècies a tota la cadena alimentària, des del plàncton fins a les balenes.

4.1.1 Espècies enredades

Els efectes i les implicacions per a la salut de les espècies que s'enreden amb els residus de plàstic estan ben documentats en comparació amb els produïts per ingestió, en gran part a causa de la seva visibilitat i facilitat d'observació. Aquestes espècies marines, al quedar enredades (particularment en les xarxes de pesca), poden arribar a morir per ofegament i asfíxia. De fet, aquesta és una de les principals causes de mortalitat de tortugues marines a zones com ara els territoris del nord d'Austràlia i el Mediterrani. Tot i això, no sempre és fatal i pot provocar efectes crònics que empitjoren amb el pas del temps a mesura que l'animal creix, provocant que el material enredat pugui arribar a fer-li talls al cos, causant així ferides susceptibles a infecció o, fins i tot, provocant l'amputació de les extremitats o la restricció del subministrament de sang. A més, a les espècies que es queden enredades amb algun tipus de plàstic els hi costa molt més nadar i desplaçar-se, pel que perden més energia i acaben esgotades. Tots aquests efectes crònics afecten les capacitats dels animals per alimentar-se i sobreviure, i en aquestes condicions la probabilitat de que acabin morint és molt alta.



Figura 14. Foca amb una xarxa de plàstic embolicada al seu cos
(Font: Pinterest)

De les situacions registrades d'espècies enredades, una majoria (71%) es trobava entre una corda o xarxa individual de plàstic. Els equips de pesca, dissenyats específicament per a que les espècies es quedin atrapades i enredades en ells, són un problema important si es perden o abandonen, ja que

continuen capturant indiscriminadament una gran quantitat d'animals marins en un procés denominat "pesca fantasma". Tot i això, és important reconèixer que aquests problemes no només els provoquen els equips de pesca, sinó que també ho fan altres articles com ara globus, bosses, llençols i, sobretot, les anelles de plàstic que agrupen els *packs* de llaunes. En alguns grups d'animals, el percentatge d'espècies que són víctimes d'aquest tipus d'incidents és elevat. Per exemple, ho pateixen les set espècies de tortugues marines, el 45% de mamífers marins i al voltant del 25% d'aus marines, a més de rèptils, peixos i invertebrats.

4.1.2 Ingestió

La ingestió de plàstics possibilita una altra via per la qual el plàstic es transfereix a diferents compartiments ambientals. Algunes quantitats de plàstic poden ser excretades pels animals permetent d'aquesta manera la seva reentrada al medi ambient, o bé acabar al fons marí pel fet de que l'animal es mori i s'enfonsi. La ingestió també proporciona un punt d'entrada pels residus de plàstic a la cadena alimentària dels éssers vius, inclosa la població humana, per exemple a través del consum de mariscs. Els plàstics poden ser ingerits pels animals de forma intencionada o accidental. Per exemple, les tortugues marines poden arribar a ingerir intencionadament bosses de plàstic que es troben surant al mar confonent-les amb la seva presa natural, la medusa. També molts cops es dona el cas d'ingestió secundària, en la que els depredadors s'alimenten de preses que havien ingerit plàstic anteriorment, pel que aquest acaba entrant al seu organisme. Pel que fa a la ingestió accidental, es possible que els animals ingereixin plàstic juntament amb altres aliments, com és el cas dels residus que estan enganxats a les microalgues que consumeixen les tortugues verdes juvenils.



Figura 15. Un tauró balena en el moment que es disposa a ingerir una bossa de plàstic a l'oceà
(Font: *The Conversation*)

S'han reportat àmpliament una gran quantitat d'exemples d'ingestió per una gran varietat de mamífers marins, rèptils, aus i peixos. L'evidència d'ingestió sovint prové de la dissecció dels cadàvers dels animals, que representen una proporció desconeguda del nombre total d'individus afectats. Freqüentment, es troben grans quantitats de làmines i bosses de plàstics en els intestins de tortugues i balenes dentades, les quals els hi són extremadament difícil d'eliminar un cop ingerides a causa de la seva fisiologia. S'han registrat casos d'ingestió de residus en 46 (56%) de les espècies de cetacis, amb taxes del 31% en algunes de elles. Pel que fa a les aus marines, aquestes són especialment susceptibles a confondre els plàstics amb les seves preses naturals. De fet, s'ha estimat que més del 90% de totes les espècies d'aus marines han ingerit plàstic i que el 99% podrien estar afectades l'any 2050. La incidència de fragments de plàstic als intestins dels fulmars del Nord és tan prevalent que ha estat adoptat com un indicador fiable de la contaminació per plàstics a la regió OSPAR¹².

4.1.3 Efectes químics

Els plàstics contenen una gran quantitat de productes químics potencialment tòxics incorporats durant la seva fabricació (com ara els additius estudiats en l'apartat 1.2), i molts d'ells acaben sent alliberats al medi ambient. Aquests components químics es poden transferir al cos humà mitjançant, per exemple, envasos d'aliments i begudes, plàstic utilitzat en aplicacions mèdiques o joguines. Si els fragments de plàstic acaben sent ingerits pels organismes marins, existirà un perill.

Hi ha investigacions que han identificat que les substàncies químiques que es troben en els plàstics, com ara els ftalats i els retardants de flama, poden tenir efectes toxicològics sobre peixos, mamífers i mol·luscs. No hi ha cap evidència que confirmi un vincle directe entre les característiques químiques dels residus de plàstic del mar i els efectes adversos en la vida marina, però estudis experimentals han demostrat que els ftalats i el bisfenol A (BPA) afecten a la reproducció en totes les espècies estudiades, dificultant el desenvolupament en crustacis i amfibis, i generalment induint aberracions genètiques. A més del potencial que presenta l'alliberament de productes químics, els residus de plàstic també poden arribar a adsorbir substàncies bioacumulatives¹³ i tòxiques, inclosos els contaminants orgànics persistents que arriben als oceans per altres vies.

La comprensió de fins a quin punt les partícules de plàstic faciliten el transport de contaminants és incerta, i es requereix de més estudis i investigacions per tal de poder establir la importància relativa en comparació amb altres vies.

4.1.4 Efectes en els hàbitats marins

L'acumulació de residus de plàstic pot alterar i degradar els hàbitats marins causant-los danys físics, podent arribar a canviar la composició física i química dels sediments. Els hàbitats marins degradats redueixen la resistència de la vida marina i la seva capacitat per sobreviure en aigües obertes i al fons oceànic. Els impactes d'aquests residus afecten tant hàbitats costaners com oceànics, inclosos les platges, manglars¹⁴, esculls de corall, sediments bentònics¹⁵, etc. Els organismes marins i els seus hàbitats poden contaminar-se



Figura 16. Bossa de plàstic en una zona d'esculls de corall
(Font: Expok)

pels efectes dels compostos químics comentats en l'apartat anterior (3.1.3), els quals poden arribar a ser potencialment perjudicials. A més, l'acumulació de microplàstics en sediments bentònics i en les platges pot alterar la qualitat dels hàbitats marins causant riscos fisiològics i toxicològics pels seus habitants.

Altres hàbitats importants, com ara zones amb algues, zones intermareals rocoses i sistemes d'aigua dolça, no s'han investigat suficientment i requereixen més atenció en relació als impactes que pateixen.

4.2 Efectes en la salut humana

Els plàstics estan integrats en la nostra vida diària en tot tipus de productes que utilitzem, ja sigui a la llar, al treball o en els vehicles pel transport. Com a resultat, la major exposició dels humans amb els plàstics i els seus derivats químics probablement succeeix durant el seu ús i no quan ens desprem d'ells. Tal com s'ha comentat prèviament, els plàstics contenen una barreja química complexa d'additius, monòmers i subproductes de fabricació dins de l'estructura del polímer que poden filtrar-se durant el seu ús. Això pot portar a l'exposició amb productes de plàstic a través del contacte dèrmic o de la ingestió en el cas de que els components químics s'arribin a filtrar en les begudes i aliments envasats. A més d'això, a les llars i als llocs de treball l'aire també pot estar contaminat a causa dels productes químics que hi ha en els materials de construcció, terres de PVC, mobles i aparells electrònics.

Si bé els polímers en general es consideren inerts, alguns additius i monòmers són coneguts com a carcinògens i tòxics, fet que ha donat lloc a la necessitat d'una avaluació més profunda dels riscos i a l'ús de plàstics més segurs, particularment aquells utilitzats per estar en contacte amb aliments. De fet, un estudi va trobar que els ingredients químics en més del 50% dels plàstics eren perillosos. Això significa que tenen el potencial de causar danys a humans, animals o al medi ambient, tot i que el risc de que això succeeixi depèn del grau d'exposició. Alguns d'aquests productes químics han estat considerats disruptors endocrins, tal com hem vist a l'apartat 1.2, "*Productes químics additius*". Tot i això, l'evidència de que els productes químics associats amb els plàstics poden causar efectes nocius per la població humana ha estat qüestionada o considerada insuficient com per a garantir una major regulació, a part d'alguns casos com el del bisfenol A a la Unió Europea.

4.3 Impacte socioeconòmic

Els residus de plàstic al mar generen impactes econòmics importants per a les comunitats costeres i els governs. Segons el PNUMA (Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient), la creixent contaminació dels centres urbans costers crea problemes ambientals que amenacen el desenvolupament sostenible de les pròpies ciutats. La meitat de la població mundial viu aproximadament a 60km del mar i les tres quartes parts de les ciutats més grans es troben a les costes. Encara s'ha d'investigar sobre l'impacte econòmic que genera el plàstic al mar, però el que està clar es que presenta un perill per a les activitats marítimes, com ara la pesca i el turisme. A més, aquest tipus de contaminació és una preocupació especial per a les ciutats costaneres, ja que els residus de plàstic redueixen l'atractiu de la zona pels residents i turistes locals, a l'hora que s'imposen alts costos econòmics per la neteja regular de les platges.

El plàstic present al mar també suposa riscos de navegació per a les embarcacions provocant danys a les hèlixs i despeses addicionals relacionades amb motors danyats i amb l'eliminació i gestió de residus en ports esportius. La majoria dels ports denuncien incidents relacionats amb residus marins, especialment

casos en els que es llancen xarxes al mar i aquestes s'enreden amb les hèlixs de les embarcacions fent-les malbé. Aquests fets presenten impactes econòmics directes, com ara la pesca fantasma que redueix les reserves pesqueres disponibles per als pescadors, així com conseqüències indirectes, com ara la pèrdua d'oportunitats de pesca a causa del temps gastat per netejar les xarxes i les hèlixs.

Capítol 5. Projectes, iniciatives de futur i sistemes innovadors

5.1 The Ocean Cleanup

Fundada l'any 2013 per Boyan Slat, un inventor i emprenedor holandès d'origen croata, The Ocean Cleanup és una organització que desenvolupa tecnologia per tal d'extreure els residus de plàstic del mar i evitar que hi tornin a entrar. El gran objectiu d'aquesta fundació és arribar a netejar fins al 50% de la gran concentració de plàstics del nord del Pacífic (entre Hawaii i Califòrnia) cada cinc anys, a més de treballar en els 1000 rius més contaminants del món per tal d'impedir que els residus acabin entrant al mar.

5.1.1 Evolució del projecte des del seu origen fins l'actualitat

Tot va començar l'any 2013 quan Boyan Slat (amb només 16 anys) va plantejar un projecte innovador per poder netejar el plàstic dels oceans, basat en aprofitar els corrents oceànics a través de barreres per tal de concentrar-lo i extreure'l més fàcilment. Llavors, gràcies a un vídeo en el que Boyan realitzava una exposició de les seves idees, es va reunir el primer equip per crear The Ocean Cleanup a partir de diners recaptats de gent que donava suport al projecte.

Tot i que la idea de Boyan va agradar molt i es va fer viral, encara era això: una idea. Per tal d'investigar si la tecnologia que proposava el jove holandès era realment un mètode efectiu per netejar la gran concentració de plàstic del Pacífic, un equip d'enginyers i científics de l'organització The Ocean Cleanup va realitzar un ampli estudi de viabilitat, el qual va abastar àrees com enginyeria, oceanografia i reciclatge. En aquest estudi es van examinar les propietats físiques de la contaminació causada pel plàstic; la viabilitat tècnica en termes de dinàmica de fluids, enginyeria estructural i operacions; i es van descriure les proves prèvies que s'havien realitzat. A més, també es van avaluar els possibles efectes ambientals negatius i les conseqüències legals que hi podrien haver, així com la qualitat dels plàstics de l'oceà i els possibles mètodes per processar-lo (inclòs un anàlisi cost-benefici). El resultat final de la investigació va indicar que The Ocean Cleanup era un mètode vàlid i viable per eliminar la gran concentració de plàstic del Pacífic, i va exposar recomanacions per a la realització de futurs treballs.

→ EXPEDICIONS

Entre el novembre de l'any 2013 i juliol del 2015, l'equip va realitzar fins a sis expedicions a l'Atlàntic Nord amb l'objectiu de mesurar la distribució vertical del plàstic al mar. Per a realitzar els mesuraments, van dissenyar i fabricar una nova eina oceanogràfica anomenada *Multi-Level Trawl* (xarxa d'arrossegament "multi-nivell"), amb la qual les concentracions de microplàstics es poden mesurar simultàniament en 10 profunditats.

Aquest dispositiu consisteix en un marc d'alumini amb 11 xarxes, les obertures de les quals mesuren 50x30cm, fet que permet a l'aparell arribar fins a una profunditat de 5m. Després de les tres primeres expedicions, els resultats de les mesures van demostrar que la concentració de microplàstics disminueix exponencialment amb la profunditat, sent la concentració més alta a la superfície. A més, van comprovar que com més alta és la velocitat del vent, més gran és l'efecte de barreja vertical de plàstics.



Figura 17. Multi-Level Trawl
(Font: The Ocean Cleanup)

A l'agost de l'any 2015, prop de 30 vaixells van creuar en paral·lel la gran concentració de plàstic del Pacífic, realitzant així el que va ser l'expedició més gran d'investigació oceànica de la història. Navegant entre Hawaii i Califòrnia, l'expedició va cartografiar una àrea de 3,5 milions de km² i va recopilar més dades sobre plàstic oceànic de les que s'havien recollit en els darrers 40 anys combinats. Aquesta expedició de reconeixement va ser un pas molt important per a l'organització per poder comprendre amb més profunditat el problema de la contaminació del plàstic als oceans i poder plantejar solucions vàlides.

→ PROVES DE RESISTÈNCIA

Com s'ha esmentat anteriorment, el sistema que proposava The Ocean Cleanup es basava en concentrar el plàstic a través d'unes barreres aprofitant els corrents marins i així poder extraure'l més fàcilment. Per tal de comprovar la viabilitat del sistema, l'any 2015 es van realitzar una sèrie de proves amb l'objectiu principal de determinar les càrregues i la dinàmica de les barreres quan aquestes s'exposaven a les onades i els corrents. Per una d'aquestes proves es va construir un segment de barrera a escala 1:18 per a fer-lo surar a la costa de Wageningen (Països Baixos) i poder estudiar el seu comportament. El model tenia una mesura de 20m i simulava 360m de barrera a la vida real, i es va provar en diferents condicions d'ona i de càrrega.

La qüestió és que fer modificacions a 10 milles de la costa era relativament fàcil, però en canvi realitzar correccions a 1000km dins del mar era un repte totalment diferent (i amb un cost més elevat). Per tant, al 2016 The Ocean Cleanup va fabricar un model de barrera de 100m de longitud i el va desplegar a

23km de la costa dels Països Baixos, al mar del Nord. Aquesta va ser la primera vegada que l'organització va posar a prova el projecte en aigües obertes, i les proves realitzades van aportar informació molt important a l'equip d'enginyeria, que les va aprofitar per aplicar futurs canvis al sistema. D'entre aquests destaquen el canvi de material de les barreres i, sobretot, el fet de passar a utilitzar un sistema amarrat a un sistema de flotació lliure.

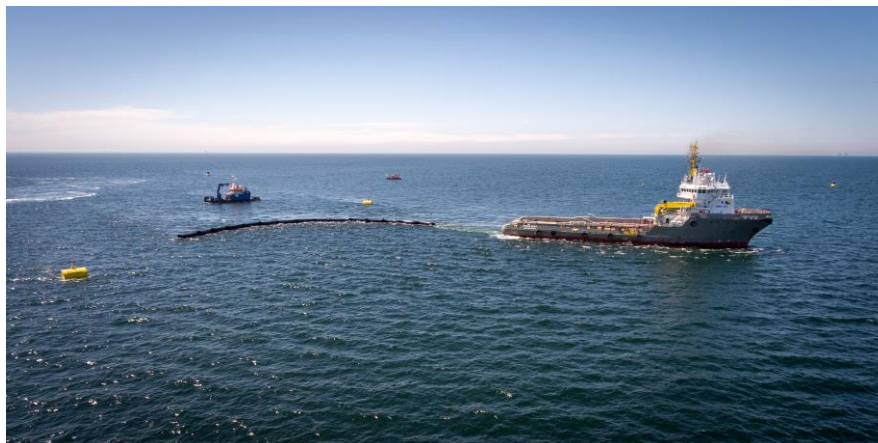


Figura 18. Instal·lació del model de barrera de 100m al mar del Nord
(Font: *The Ocean Cleanup*)

→ SYSTEM 001

Després de 273 proves amb models a escala, sis prototips al mar, un mapeig complet de la gran concentració de residus de plàstic del Pacífic amb 30 vaixells i un avió, i diverses iteracions tecnològiques, l'organització The Ocean Cleanup va presentar el primer sistema de neteja mundial des de San Francisco el 8 de setembre de l'any 2018: el *System 001*. Aquest sistema consistia en una barrera composta d'un flotador d'HDPE de 600m de llarg i una espècie de "falda" cònica i impenetrable de 3m de profunditat unida per sota que faria de pantalla. El flotador seria l'encarregat de proporcionar flotabilitat al sistema i impedir que el plàstic hi passés per sobre, mentre que la pantalla impediria que les partícules més petites es poguessin escapar per la part inferior. A mesura que la pantalla creés un flux descendent, la vida marina podria passar per davall d'aquesta de forma segura.



Figura 19. System 001 operant a la gran concentració de plàstic del Pacífic
(Font: *The Ocean Cleanup*)

La idea per atrapar el plàstic era que el *System 001* aprofités tres forces oceàniques naturals: el vent, les onades i els corrents. Tant el plàstic com el sistema serien transportats pel corrent, mentre que el vent i les onades impulsarien solament el sistema, ja que el flotador es trobaria parcialment per damunt de la superfície i el plàstic per sota d'ell. Llavors per aquesta raó, el sistema es mouria més ràpid que el plàstic i podria capturar-lo.



Figura 20. Acció de les tres forces oceàniques (vent, onades i corrent) sobre el sistema
(Font: Youtube)

Un altre factor molt important era que la pantalla s'estenia més profundament al centre de la barrera que a les vores exteriors. Per aquest motiu, a mesura que el corrent aplicés pressió sobre ella, el sistema adoptaria de forma natural una forma d'U que li permetria concentrar el plàstic al seu centre, com si fos un embut. A més, l'arrossegament generat per la pantalla també actuaria com una força estabilitzadora que permetria al sistema reorientar-se en el cas de que el vent canviés de direcció. Com que la barrera estaria flotant lliurement, automàticament es desplaçaria cap a les zones amb més concentració de plàstic.

El *System 001* estava equipat amb estructures estabilitzadores, llums alimentades per energia solar, sistemes anticollisió, càmeres, sensors i antenes per satèl·lit, i es va dissenyar per a que pogués comunicar la seva posició en tot moment i recollir de forma contínua dades de rendiment. Per a treure el plàstic concentrat, un vaixell de suport actuaria com un camió d'escombraries de l'oceà i s'encarregaria de recollir-lo periòdicament i transportar-lo a terra per reciclar-lo.



Figura 21. Estructures estabilitzadores amb mòduls elèctrics i d'instrumentació del *System 001*
(Font: The Ocean Cleanup)

Un cop es va implementar el *System 001*, l'organització The Ocean Cleanup va poder observar com interactuava el plàstic amb el sistema i analitzar el seu rendiment. Durant el temps que va estar operant al mar, van ocórrer dos incidents:

- Per una part i com a problema principal, van comprovar que el sistema aconseguia atrapar el plàstic, però poc després aquest es tornava a allunyar d'ell; és a dir, les parts de captura i concentració es van poder confirmar notablement, mentre que la de retenció va fallar. Això era degut a que el sistema es movia massa lent respecte al plàstic, i no el podia retenir de manera òptima.
- I per una altra part, mentre es cercaven solucions per resoldre el primer incident, es va produir una fractura que va provocar que una secció de 18m de llarg es desconnectés de la resta del sistema.

Tant la tripulació com el sistema van ser retornats de forma segura a terra el 17 de gener de 2019 per a poder analitzar i estudiar aquests incidents, concloent així la primera campanya del *System 001*.

→ SYSTEM 001/B

Per poder resoldre els dos incidents que van sorgir durant el temps que el *System 001* va estar a l'oceà, The Ocean Cleanup va realitzar un ampli estudi analitzant les dades que es van recopilar durant l'operació.

Pel que feia al problema que hi va haver amb la retenció del plàstic, van presentar una sèrie d'hipòtesis en les que plantejaven possibles explicacions pel fet de que el sistema es mogués massa lent respecte al plàstic, i van realitzar noves proves amb nous models per tal de trobar conclusions vàlides. Llavors, un cop analitzats els resultats d'aquestes proves i d'haver-los comparat amb els dels models anteriors, es van donar compte que havien subestimat les forces oceàniques i que l'efecte d'aquestes en el sistema i en el plàstic era diferent del que esperaven. A més, també se'n van adonar que el plàstic es movia més ràpidament en la direcció del vent en comparació amb el que havien projectat inicialment. Per tant, no només el sistema es movia massa lent, sinó que a més el plàstic ho feia més ràpid del que havien previst.

En referència a la fractura que es va produir a la barrera del sistema i que va provocar la separació d'una secció de 18m de llarg, l'equip de The Ocean Cleanup va realitzar una inspecció visual per poder saber quin era l'origen de l'incident. En aquesta inspecció van poder comprovar que el mal funcionament estructural es va produir en les soldadures de les connexions que unien el flotador d'HDPE i la pantalla.



Figura 22. Connexions que uneixen el flotador i la pantalla del *System 001*
(Font: The Ocean Cleanup)

A més, en una fotografia subaquàtica van observar que el flotador presentava com un tipus d'anells concèntrics que augmentaven a través d'aquest, el qual indicava que una fractura per fatiga s'havia propagat a partir d'una esquerdada inicial ubicada en les connexions esmentades anteriorment.



Figura 23. Propagació de l'esquerda en el flotador
(Font: *The Ocean Cleanup*)

Llavors l'equip va arribar a la conclusió de que l'inici d'aquestes esquerdes es va produir a causa de la concentració de tensions a la paret del flotador, fet que va provocar un augment de la fatiga en aquest. A més, degut a l'augment del moviment en les seccions finals, que es va agreujar per la massa dels estabilitzadors, les esquerdes del flotador van augmentar gradualment i van acabar provocant que la secció de 18m s'acabés separant ràpidament i de forma sobtada.

Un cop ja van saber les causes dels incidents, The Ocean Cleanup va presentar un nou sistema renovat, el *System 001/B*, en el qual hi van aplicar les següents innovacions que donaven solució als problemes sorgits en el *System 001*:

- Simplificació del flotador d'HDPE, permetent d'aquesta manera fluctuacions mínimes en el gruix de les parets d'aquest. Un dels objectius primordials de The Ocean Cleanup era millorar l'estructura del sistema (donats els problemes que hi va haver amb aquesta en el *System 001*), així que aquest va ser un dels primers canvis que es van realitzar i aplicar en el *System 001/B*.
- Implementació d'un nou disseny de pantalla. Després d'haver conclòs que la separació d'una de les seccions de la barrera va ser produïda per la fatiga que hi havia en les connexions que unien el flotador i la pantalla, The Ocean Cleanup va decidir eliminar completament aquest aspecte en el disseny del sistema ubicant la pantalla una mica més endavant i connectant-la al flotador a través d'unes eslingues, minimitzant així la concentració de tensions en el sistema. A més, una línia de suro col·locada per sobre de la pantalla permetria que aquesta no s'enfonsés i que el plàstic no la sobrepassés.
- Simplificació de l'electrònica del sistema.
- Eliminació de les estructures estabilitzadores, per tal d'alleugerir les càrregues en el flotador. Al haver simplificat l'electrònica del sistema ja no es necessitarien les estructures estabilitzadores, ja que la funció d'aquestes era evitar que el flotador s'enfonsés pel pes dels aparells electrònics.

- Solució al problema de retenció del plàstic. La primera idea que van tenir va ser la d'unir al flotador unes grans boies inflables per tal d'accelerar el sistema i que aquest, al moure's més ràpidament, pogués atrapar i retenir el plàstic de manera òptima.

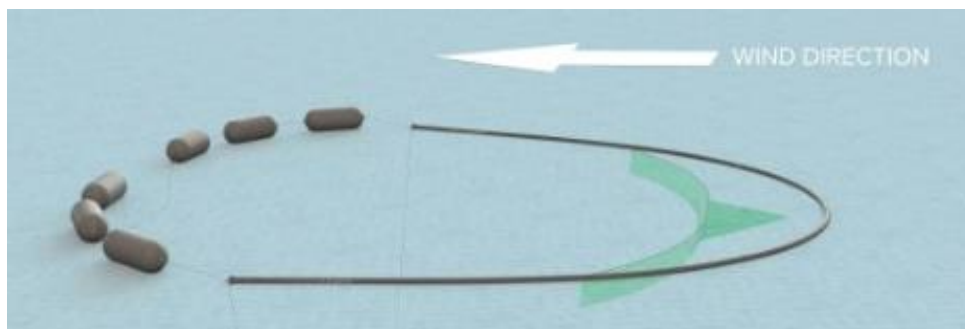


Figura 24. Idea per accelerar el sistema mitjançant boies inflables
(Font: The Ocean Cleanup)

Tot i que la idea de les boies inflables semblava una bona opció, l'equip va continuar estudiant per tal de cercar alternatives que fossin encara més efectives. Finalment, van presentar el que seria l'opció definitiva per acabar amb el problema de la retenció del plàstic, basada en un paracaigudes de 20m de diàmetre que donaria la volta al sistema i tindria l'objectiu de desaccelerar el sistema. Per tant, en lloc d'intentar anar més ràpid, la idea del paracaigudes el que proposava era totalment el contrari: que el sistema es desplaçés més lentament i pogués retenir el plàstic que es mouria amb una velocitat més alta.

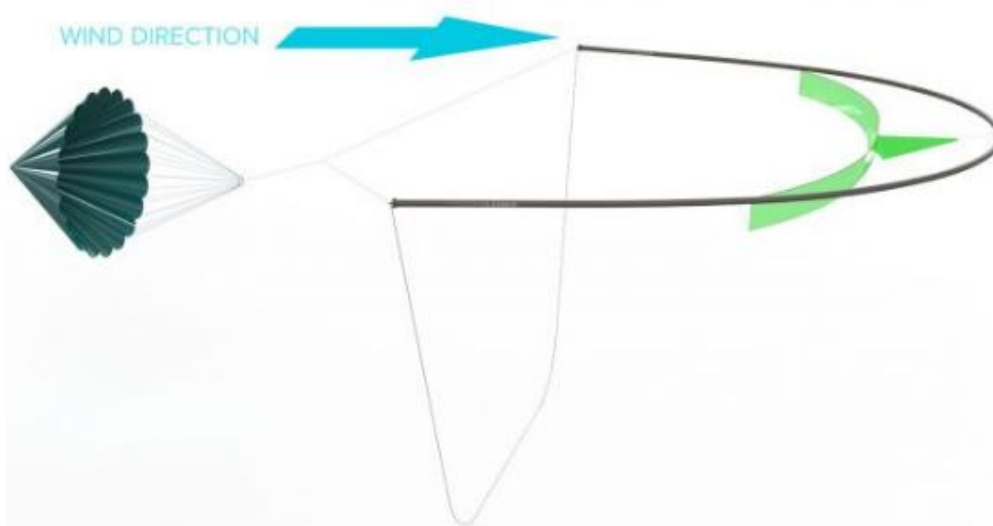


Figura 25. Idea per disminuir la velocitat del sistema mitjançant un paracaigudes
(Font: The Ocean Cleanup)

El funcionament del *System 001/B* estava basat en els mateixos principis que el *System 001*, però amb les modificacions explicades anteriorment. El sistema utilitzaria la combinació de les forces oceàniques naturals (vent, corrent i onades) per poder capturar i acumular el plàstic, i després un vaixell s'encarregaria de anar a recollir-lo i transportar-lo a terra on seria reciclat. La principal diferència respecte al *System 001* era que en aquest cas s'aprofitaria l'acció de les forces oceàniques per

aconseguir que el sistema es mogués constantment a una velocitat inferior que el plàstic, gràcies a l'ajuda del paracaigudes que s'encarregaria de desaccelerar el sistema.

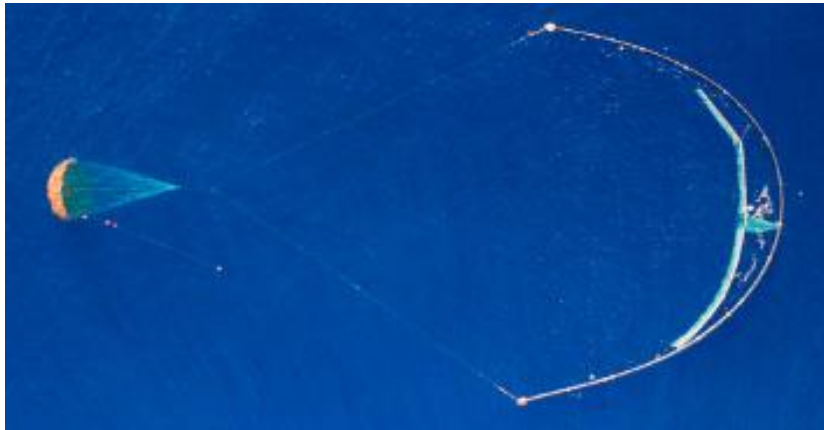


Figura 26. Vista aèria del System 001/B en funcionament
(Font: The Ocean Cleanup)

El 18 de juny de 2019 el *System 001/B* va ser transportat a la zona de la gran concentració de plàstic del Pacífic per a que iniciés el seu funcionament i per poder comprovar si les modificacions realitzades eren efectives. El sistema havia de complir els següents objectius:

- Estabilitat en forma d'U.
- Evitar que el plàstic sobrepassés la pantalla.
- Velocitat relativa suficient (ΔV)
- Capturar, concentrar i retenir el plàstic.
- Habilitat de reorientació.

Mentre el *System 001/B* operava, l'equip de The Ocean Cleanup es va adonar que el plàstic sobrepassava la línia de suro de la pantalla. Aquest problema el van poder solucionar al mar sense la necessitat de transportar-lo a terra de nou, implementant una modificació per augmentar la mida de la línia de suro. A part d'aquest petit incident, el sistema va funcionar correctament, i el 2 d'octubre The Ocean Cleanup va publicar a la seva pàgina web que el *System 001/B* estava aconseguint atrapar i retenir el plàstic de manera satisfactòria, complint així els objectius marcats prèviament.

→ SYSTEM 002

Tot i que la implementació del *System 001/B* va ser un èxit, a finals de novembre de 2019 l'equip va decidir retornar el sistema a terra, ja que va considerar que encara no estaven preparats per netejar la gran concentració de plàstic del Pacífic. Per aconseguir-ho necessitaven una flota de sistemes molt més gran i més eficient.

Es per aquest motiu pel qual en l'actualitat estan treballant en el que serà el sistema definitiu: el *System 002*. Una gran quantitat d'enginyeria està aprofundint en el disseny d'aquest sistema basat en els elements provats del *System 001/B*, amb un focus d'atenció més elevat en: l'augment de la mida, la navegació autònoma a través de la concentració de plàstic del Pacífic, la recollida i retenció òptima del plàstic i la durabilitat per suportar diversos anys de desplegament al mar.

5.1.2 The Interceptor

A més d'utilitzar tecnologia per poder netejar la gran concentració de plàstic del Pacífic, l'organització The Ocean Cleanup ha desenvolupat la primera solució escalable¹⁶ per poder interceptar-lo de forma eficient als rius abans que aquest arribi als oceans. Els rius són la principal font de contaminació de plàstic dels oceans, actuant com les artèries que transporten els residus de la terra al mar. A través de diverses investigacions i mitjançant sistemes de control capaços d'escanejar la quantitat de plàstic que hi circula en un riu, l'organització The Ocean Cleanup ha descobert que són 1000 rius els responsables d'aproximadament el 80% de la contaminació existent. El seu objectiu és (en un període de cinc anys) fer front a aquesta situació i evitar que tota aquesta quantitat de plàstic entri als oceans gràcies a un sistema flotant amb disseny de catamarà anomenat *The Interceptor* (l'interceptor).



Figura 27. *The Interceptor* en funcionament
(Font: *The Ocean Cleanup*)

The Interceptor està compost per una barca¹⁷ amb sis contenidors a sobre, els quals es van emplenant de totes les deixalles dels rius (guiades per una barrera) mitjançant una cinta transportadora i una llançadora. El sistema té unes dimensions de 8m x 24m x 5m (excloent la barrera) i funciona de la següent manera:

1. Barrera:

Les deixalles dels rius que flueixen amb el corrent són guiats per una barrera (col·locada de mode que no interromp la trajectòria dels altres vaixells) cap a dins de l'interceptor a través d'una obertura. Gràcies al disseny de catamarà de l'interceptor, la trajectòria del flux d'aigua s'optimitza per passar a través del sistema, portant els residus de plàstic cap a una cinta transportadora.



Figura 28. Barrera de l'interceptor
(Font: *Youtube*)

2. Cinta transportadora:

Un cop el corrent porta les deixalles a la cinta transportadora, aquesta les va extraient de forma continuada de l'aigua i les duu cap a la llançadora (velocitat màxima d'extracció: 24kg/s). La cinta és permeable i disposa d'un sistema de desviació pels residus que tinguin una mida massa gran.



Figura 29. Cinta transportadora en funcionament
(Font: Youtube)

3. Llançadora i contenidors:

La llançadora distribueix automàticament les deixalles en sis contenidors. Mitjançant les dades d'un sensor, aquests s'omplen equitativament fins a assolir la seva capacitat màxima. Entre els sis contenidors l'interceptor pot arribar a emmagatzemar fins a 50m³ de deixalles (8.3m³ cada contenidor), realitzant d'aquesta manera un cicle de buidatge eficient en el que s'omplen diversos camions d'escombraries alhora.

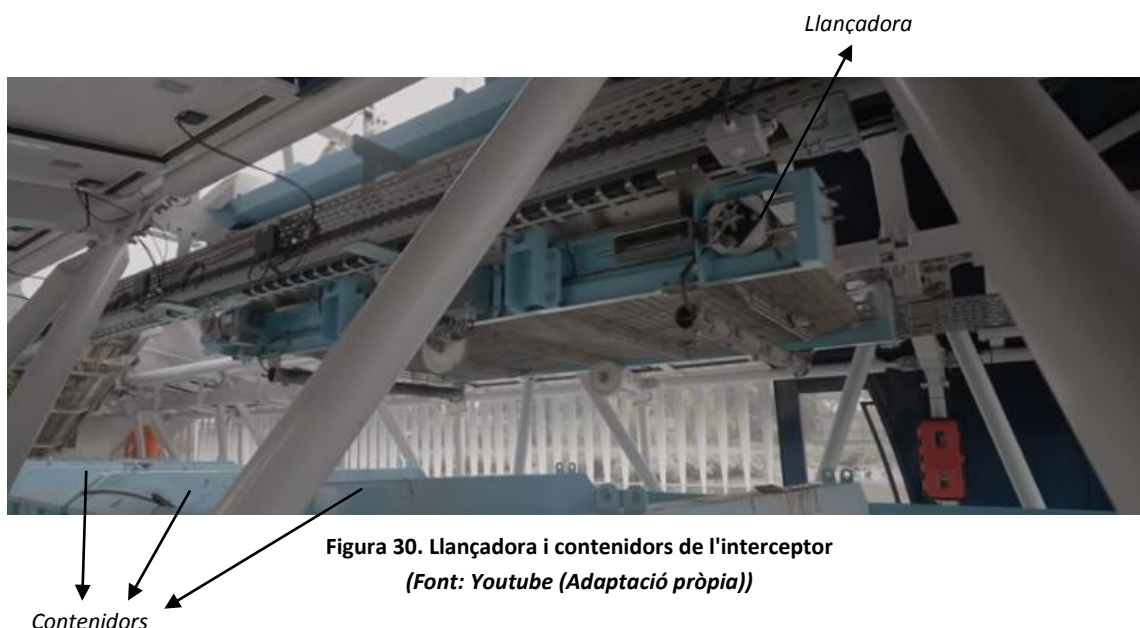


Figura 30. Llançadora i contenidors de l'interceptor
(Font: Youtube (Adaptació pròpia))

4. Buidatge i reciclatge:

Quan els contenidors de l'interceptor estan pràcticament plens, s'envia automàticament un missatge de text als operadors locals per tal de que acudeixin a recollir els residus. Llavors els operadors treuen la barcaassa amb els contenidors a sobre, la porten al costat del riu, buiden els contenidors, envien les deixalles a les instal·lacions locals de gestió de residus i tornen a col·locar la barcaassa a l'interceptor amb els contenidors buits. Mentre es realitza l'operació de buidatge es pot utilitzar la llançadora com a dipòsit temporal, de mode que el sistema pugui seguir treballant.

L'interceptor es capaç d'extreure 50000kg de residus al dia, i en condicions òptimes pot aconseguir fins a doblar aquesta quantitat; la freqüència de buidatge dels contenidors dependrà del riu en el que hi estigui situat, tot i que generalment es duu a terme un cop cada pocs dies.



Figura 31. Representació de la descàrrega de la barcaassa amb els contenidors de l'interceptor
(Font: Youtube)

L'organització The Ocean Cleanup, a més d'haver investigat sobre quins són els rius més contaminants del món, també han realitzat estudis per tal de cercar els punts estratègics ideals en els que ubicar-hi els interceptors. Hi influeixen diversos factors, tals com: l'amplada del riu, la velocitat del flux d'aigua, la proximitat a un delta, la presència de canals o vies amb una alta concentració de deixalles en la seva circulació, etc.

Un cop estudiats els punts estratègics d'un riu, un vaixell s'encarrega de remolcar l'interceptor cap a la zona adequada per a que aquest hi pugui treballar ancorat al llit fluvial¹⁸, de manera que els residus (guiats per la barrera) aprofiten el corrent natural del riu per arribar a la cinta transportadora. Els interceptors estan dissenyats per extraure el plàstic de forma completament autònoma, sense necessitat de cap tipus de subministrament de combustible. Estan 100% alimentats per energia solar (inclosos els sensors, les llums, la cinta transportadora, la llançadora i la transmissió de dades), gràcies a les seves bateries de liti que utilitzen aquesta energia per alimentar el sistema dia i nit, fins i tot a l'hivern.

Aquests sistemes no produeixen cap tipus de soroll ni generen fums desagradables. A més, el fet de que estiguin connectats a Internet permet per exemple enviar el missatge automàtic als operadors locals un cop els contenidors estan plens, o recopilar dades com ara el nivell dels contenidors, l'estat dels components, rendiments, etc. A bord hi ha un ordinador amb el que es possible consultar tota aquesta informació.

Actualment hi ha dos interceptors operatius i funcionant:

- *Interceptor 001*, ubicat al riu Cengkareng Drain a Jakarta (Indonèsia).



Figura 32. *Interceptor 001* al riu Cengkareng Drain de Jakarta (Indonèsia)
(Font: *The Ocean Cleanup*)

- *Interceptor 002*, ubicat al riu The Klang River a Kuala Lumpur (Malàisia).



Figura 33. *Interceptor 002* al riu The Klang River de Kuala Lumpur (Malàisia)
(Font: *The Ocean Cleanup*)

A més, diversos països ja s'han inscrit per formar part d'aquest projecte en un futur, tals com Tailàndia i el comtat de Los Angeles (EU). L'*Interceptor 003* està preparat per operar a Vietnam, i el 004 al riu Osama de la República Dominicana.

5.2 The Seacleaners: The Manta Project

The Seacleaners és una associació sense ànim de lucre fundada l'any 2016 per Yvan Bourgnon amb l'objectiu de reduir la contaminació causada pels plàstics als oceans. El seu projecte principal amb el que volen afrontar aquest problema és el conegut com *The Manta Project*, amb el qual volen:

- 1) Actuar al mar per recollir els residus en zones d'altres densitats abans de que aquests es dispersin formant microplàstics.
- 2) Observar i aprendre per obtenir i aprofundir dades científiques.
- 3) Educar i prevenir per conscienciar a les generacions futures.
- 4) Estimular una economia local, circular i sostenible oferint solucions per reciclar i reutilitzar els residus de plàstic.

Aquest projecte es tracta del disseny i construcció d'un vaixell anomenat *The Manta*, el qual serà capaç de recollir i processar contínuament grans quantitats dels residus de macroplàstics que suren a la superfície dels oceans, centrant-se en moltes tecnologies innovadores en el camp de la producció d'energia renovable i en la autosuficiència energètica. The Seacleaners s'ha fixat com a objectiu que *The Manta* produeixi el 75% de les seves necessitats energètiques, i per aconseguir-ho distingiran dos modes de propulsió. En el primer mode el vaixell recollirà residus a baixa velocitat (al voltant de 3 nusos), utilitzant motors elèctrics alimentats per 2000m² de panells solars (100kW) i per dos aerogeneradors Darrieus¹⁹ (~500kW). En el segon mode, el qual utilitzarà en el moment de transportar els residus a terra, es propulsarà mitjançant 4 grans equips automatitzats del tipus "Dynarig" i ho podrà fer a una velocitat més elevada (de 9 a 10 nusos). El sistema "Dynarig" es basa en la propulsió a vela, i es caracteritza pel fet de que les maniobres que es realitzen no actuen sobre les veles, sinó en els eixos verticals dels màstils que roten i ajusten l'angle d'aquestes (*The Manta* comptarà amb més de 2500m² de veles).



Figura 34. Versió digital del vaixell *The Manta*
(Font: The Seacleaners)

Tant la gran capacitat de producció i emmagatzematge d'energia (≈ 100 tones de bateries) com el sistema de propulsió híbrida, ofereixen al vaixell una autonomia màxima per al seu moviment i funcionament durant les fases de treball.

Un dels factors més innovadors de *The Manta* és que comptarà amb un sistema a bord per poder recollir, classificar, emmagatzemar i convertir els residus de plàstic en energia. El procés començarà amb l'entrada dels residus al sistema, els quals passaran entre els dos cascs del vaixell i seran transportats a bord a través d'unes cintes. A continuació un equip d'operadors els classificarà per tal de separar els plàstics de la resta de residus; per exemple de les matèries orgàniques, les quals poden ser directament llançades de nou al mar. Llavors els residus de plàstic continuaran sent processats i es compactaran en blocs d' 1m^3 . S'emmagatzemaran literalment 600 blocs d' 1m^3 als cascs del vaixell abans de portar-los a terra, una quantitat que correspon a 250 tones de plàstic. Pel que fa als residus més grans (xarxes, contenidors marítims, etc.), *The Manta* tindrà instal·lades dues grues amb les que els podrà elevar i emmagatzemar a bord per retornar-los a terra on seran processats.

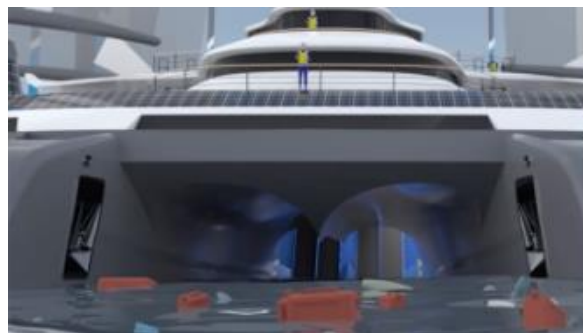


Figura 35. Animació digital de l'entrada de residus al vaixell *The Manta*
(Font: Youtube)

A més, per augmentar la seva autonomia energètica, el vaixell estarà equipat amb una unitat encarregada de convertir els residus recollits en electricitat. Aquesta unitat estarà formada per uns equips especials encarregats d'assecar i homogeneïtzar els residus per convertir-los en gas i olis mitjançant un procés de piròlisi²⁰ (encara en investigació), i finalment en energia elèctrica.

5.2.1 Progrés del projecte

Durant l'any 2019, The Seacleaners va realitzar els estudis previs del disseny del vaixell *The Manta*, així com de les seves especificacions tècniques. A més, va elegir la drassana en la que es construirà i va seleccionar els seus equips i proveïdors. A partir d'aquest any 2020 cap endavant, l'associació té fixats els següents objectius:

2020	2021	2022	2023
<ul style="list-style-type: none">• Estudis detallats del disseny.• Integració de sistemes.• Especificació d'equips de subministrament.• Planificació de la construcció.	<ul style="list-style-type: none">• Subministrament de sistemes.• Inici de la construcció.• Elecció de zones de recollida de residus.• Validació d'autoritzacions.	<ul style="list-style-type: none">• Fi de la construcció.• Implementació del vaixell.• Proves tècniques.	<ul style="list-style-type: none">• Activació del vaixell <i>The Manta</i>.• Primers resultats de recollida de residus.

Taula 4. Progrés del projecte *The Manta*
(Font: Elaboració pròpia basada en document de The Seacleaners)

5.3 REV Ocean

REV (Research and Expedition Vessel) Ocean és una empresa sense ànim de lucre creada l'any 2017 pel noruec Kjell Inge Røkke amb un propòsit principal: aconseguir que l'oceà torni a ser un espai saludable. Per complir amb el seu objectiu, l'empresa vol adquirir més dades i coneixements per a comprendre millor els impactes ambientals de les activitats humanes a l'oceà i convertir-los en solucions concretes. És per aquest motiu que REV Ocean ha dissenyat un sofisticat vaixell d'investigació i expedició (actualment en fase de construcció) amb el que volen combatre els principals causants de la degradació dels oceans.

Els tres problemes globals que volen afrontar, juntament amb les accions principals que inclouran les seves àrees de recerca, són:

1. La contaminació causada pel plàstic

- Estudi d'una possible millora de la distribució i el transport de plàstics a l'oceà mitjançant un seguiment continu i realització d'activitats de recerca específiques amb innovació tecnològica (per exemple per mesurar concentracions de nanoplàstics).
- Avaluació de l'impacte dels plàstics sobre els ecosistemes marins per impulsar un procés polític per eliminar la seva entrada als oceans.
- Avaluació del risc de tot el cicle de vida dels plàstics en espècies marines amenaçades, en busca de solucions específiques per tal de mitigar aquests riscos.
- Avaluació dels riscos toxicològics dels plàstics per a la salut dels ecosistemes marins i per a la humanitat, per tal d'identificar com es poden eliminar mitjançant solucions a nivell tecnològic, comercial i polític.

2. L'impacte del canvi climàtic

- Impuls de programes de reducció d'emissions de CO₂ mitjançant un canvi de política a nivell nacional, regional i internacional.
- Investigació sobre la bomba biològica de carboni²¹, especialment del transport actiu de carboni al fons de l'oceà. Això garantirà que les activitats humanes com la pesca es gestionin de manera que es millori aquesta bomba biològica.
- Investigació sobre com es poden utilitzar els ecosistemes marins per mitigar el canvi climàtic (per exemple un estudi sobre el carboni blau²²).

3. L'impacte de la pesca insostenible

- Investigació per millorar l'avaluació dels recursos pesquers per tal d'identificar canvis efectius en les polítiques i en les pràctiques de gestió, inclosos els avenços tècnics en la vigilància pesquera per reduir o eliminar la sobrepesca.
- Estudi dels riscos pesquers sobre les espècies i hàbitats marins per identificar possibles solucions tècniques comercials sostenibles per evitar els impactes pesquers destructius.

- Investigació per avaluar com explotar comercialment els nous recursos pesquers sense arriscar en la formació de possibles impactes mediambientals significatius.

Per poder realitzar aquests estudis i investigacions, el vaixell comptarà amb diversos espais i equips especialitzats i amb una gran quantitat de tecnologia innovadora.

→ ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES

- *Eslora: 182.9m ; Mànega: 22m ; Calat de disseny: 5.25m (sense càrrega) / 5.5m (carregat completament)*
- *Arqueig: 17440 GT*
- *4 x Motor elèctric dièsel: 2,7MW (cadascun) ; Conjunt de bateries addicionals de liti: 3MW*
- *Capacitat màxima: 90 persones (tripulació + equip científic + passatgers)*
- *Autonomia de viatge: 114 dies*
- *Velocitat màxima: 17kn*

→ INSTAL·LACIONS, SISTEMES I TECNOLOGIA

- *6 Laboratoris científics amb usos multifuncionals.*
- *1 Auditori per les conferències de l'equip d'investigació.*
- *2 Heliports (realització d'exploracions polars amb helicòpter).*
- *Sistema d'arrossegament especialitzat per la captura i estudi d'espècies a una profunditat màxima de 3000m.*
- *Sistema de transmissió visual per la identificació d'espècies.*
- *Sistemes de sonar per la investigació amb hidròfons sensibles subaquàtics.*
- *Sistemes d'exploració subaquàtica: espai dissenyat científicament pel llançament i elevació de vehicles subaquàtics (7.7m x 5m); submarí ROV (Remote Operated Vehicle)²³ completament autònom amb un abast de 6000m de profunditat i un equip de comunicació avançat.*
- *Sistema de recol·lecció ecològica per la captura i alliberament de biomassa i mostres pelàgiques.*
- *Sistema d'incineració d'alta tecnologia per incinerar materials a bord de manera ambiental sense la producció de gasos nocius; 110kW d'energia tèrmica per kg de residus cremats.*
- *Sistemes de recuperació de calor en tots els generadors i incineradores principals per alimentar els circuits d'aigua calenta.*
- *Sistemes d'il·luminació LED.*

- Sistema d'optimització de combustible VARD SeaQ "Green Pilot" per controlar les emissions de CO_x , SO_x i NO_x .
- Sistema de tractament d'aigües de llast.

A més de ser un vaixell d'expedició i investigació, també tindrà un ús comercial amb servei de xàrter i disposarà d'espais d'oci i entreteniment pels seus passatgers. Actualment està en construcció a la drassana VARD de Brattvåg (Noruega), i des d'allí es transportarà a Bremerhaven (Alemanya) on es realitzarà una instal·lació d'equips addicionals.



Figura 36. Vaixell REV Ocean en fase de construcció
(Font: Revista Ingeniería Naval)

Una de les bases crucials en la creació del vaixell és la importància del factor ambientalista i ecològic, com es pot comprovar en molts dels seus sistemes per reduir el consum d'energia (LED, incineradora, etc.) o en el bon tractament que tindran amb la flora i fauna marines en les seves investigacions. Pel que fa a la qüestió de la contaminació causada pel plàstic hi destaquen els projectes d'investigació i estudi de microplàstics i nanoplàstics a l'oceà, així com el sistema d'incineració d'alta tecnologia, el qual serà capaç d'incinerar plàstic sense produir gasos nocius i produint energia (pel qual el vaixell no haurà de carregar ni transportar plàstic a instal·lacions especialitzades a terra). A més, l'associació REV Ocean està duent a terme un altre gran projecte amb el qual volen afrontar amb més força aquest problema global: el *Plastic REVolution*.

5.3.1 Plastic REVolution

La ciutat d'Accra, actual capital de Ghana, produeix aproximadament 270000 tones de residus de plàstic anualment, el 50% dels quals no es gestionen correctament i acaben sent alliberats al medi ambient. Com a part del compromís de REV Ocean per cercar solucions al repte global de la contaminació causada pel plàstic, la fundació Plastic REVolution s'ha establert per trobar les millors oportunitats per donar suport a Ghana i ampliar-les a nivell mundial. Aquesta nova fundació està dirigida per Erik Solheim, que compta amb el suport d'un extens equip d'experts en aquest camp.

Es calcula que el cost de la mala gestió de residus i l'ineficient sanejament a Ghana equival a 290 milions de dòlars anuals. El projecte Plastic REVolution investiga actualment la viabilitat de construir i posar en funcionament al centre de Ghana una planta capaç de convertir el plàstic en petites molècules mitjançant processos de piròlisi, les quals podran ser utilitzades o bé per produir combustible o per crear nou plàstic. El Sr. Solheim comptarà amb el suport financer de l'empresari fundador de l'associació REV Ocean Kjell Inge Røkke, i utilitzarà la seva àmplia xarxa d'investigadors, socis empresarials i contactes polítics per ajudar a promoure aquesta fundació innovadora i crear un impacte real sobre el terreny (l'estimació inicial de la primera planta de piròlisi es situa entre els 20 i els 40 milions de dòlars). Si tingués èxit a Ghana, l'objectiu de la fundació Plastic REVolution és expandir-se a altres ciutats del món en desenvolupament que estiguin lluitant amb la contaminació causada pel plàstic.



Figura 37. Platja de Ghana plena de residus de plàstic
(Font: Inter Press Service)

Fins a la data, s'ha dut a terme un anàlisi de viabilitat inicial que estudia l'economia del plàstic a Ghana, així com la seva producció i gestió actual de residus. Gràcies a aquest estudi s'està aconseguint respondre preguntes clau com per exemple quin pot ser el sistema de recollida de residus més estable i òptim, o quin proveïdor de tecnologia pot oferir la solució tècnica amb més probabilitat d'èxit. Respondre aquestes preguntes és essencial per determinar si tindrà sentit o no avançar en la inversió.

5.4 Sistemes innovadors en funcionament

5.4.1 4Ocean

4Ocean és una empresa amb ànim de lucre fundada a Boca Raton (Florida) l'any 2017 per Alex Schulze i Andrew Cooper, dos surfistes que al veure les platges de Bali contaminades pel plàstic, van decidir implementar un model de negoci basat en vendre polseres i peces de roba fetes principalment amb materials reciclats, i utilitzar els beneficis per realitzar operacions de neteja. Als inicis del projecte, els dos fundadors de 4Ocean van començar contractant capitans d'embarcacions i altres treballadors locals per netejar l'oceà i les costes de les platges, i poc a poc l'empresa es va anar ampliant. Amb el temps 4Ocean va anar rebent més suport, va poder incorporar més personal i va poder utilitzar part dels beneficis en implementar sistemes amb tecnologia innovadora per netejar el plàstic del mar.

Fins a la data, l'empresa 4Ocean afirma haver recol·lectat 3780 tones de plàstic en la neteja dels residus presents als rius i mars de Bali, Guatemala, Haití i Florida. Aquesta xifra s'ha assolit gràcies als membres i treballadors del projecte que recullen els residus ja sigui amb les seves embarcacions, o bé mitjançant els dos sistemes que han aconseguit implementar: el *Harbor Skimmer*²⁴ i el *Mobile Skimmer*.

→ HARBOR SKIMMER

El 4Ocean *Harbor Skimmer* és una solució rentable per a ports esportius en els que es vol eliminar els residus que hi ha surant a la superfície de l'aigua. El sistema es munta al moll estratègicament i actua com un skimmer gegant de piscina, creant el seu propi corrent d'entrada per als residus. Disposa de dues bombes d'aigua submergibles amb un flux volumètric²⁵ de 567,8 l/min cadascuna, que al posar-se en funcionament creen un moviment a l'aigua que manté als residus que suren continguts al sistema, mentre que els que estan enfonsats més d'un quart de polzada ($\approx 0,7$ cm) queden atrapats en una cistella de malla extraïble.

Pel buidatge dels residus, el *Harbor Skimmer* disposa d'un sistema d'elevació amb el qual es pot situar la cistella fora de l'aigua i a una altura adequada per a que l'operador pugui obrir la porta d'accés i transportar les deixalles als contenidors de reciclatge. A continuació es mostren les seves especificacions tècniques i dimensions:

- Tensió requerida: 110V
- Sistema de control resistent a la intempèrie
- Guies d'alumini (Sistema d'elevació)
- Coixinets d'acer inoxidable (Sistema d'elevació)
- 2 x Bomba submergible d'acer inoxidable (567,8 l/min cadascuna)
- Control independent de les bombes amb interruptors
- Construcció exterior d'HDPE
- Sortida auxiliar de 110V per accessoris
- Capacitat: 544kg
- Pes: 340kg



Figura 38. *Harbor Skimmer* instal·lat i en funcionament (+barrera per guiar els residus)

(Font: Youtube)

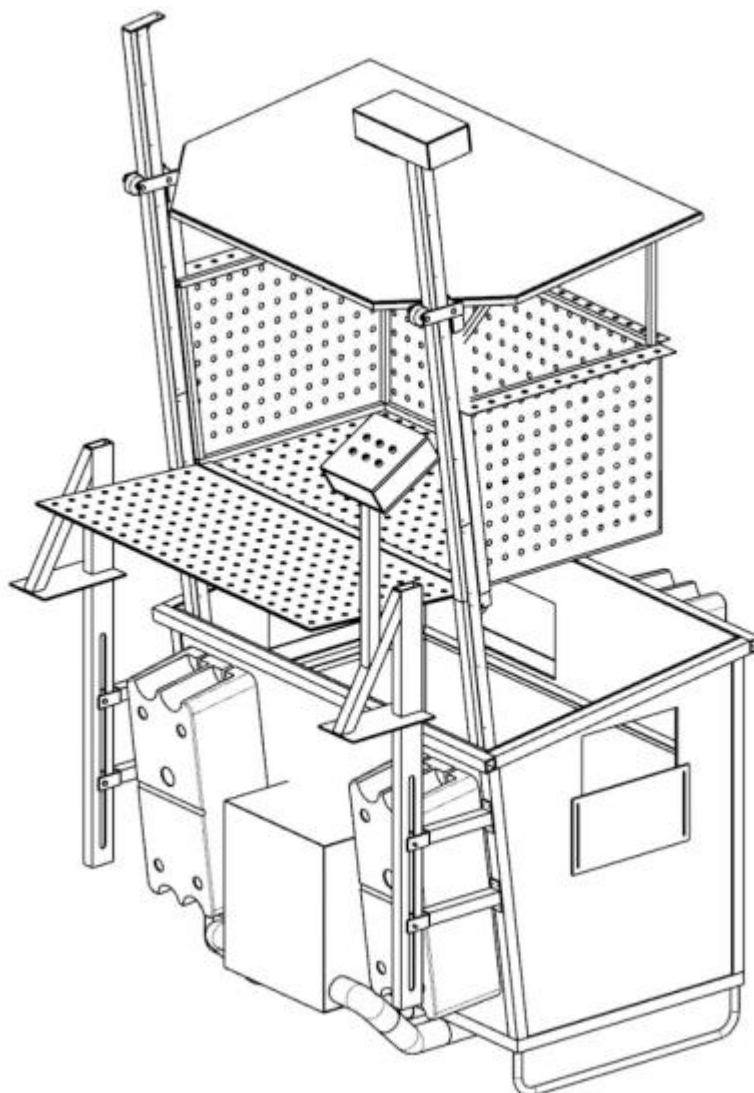
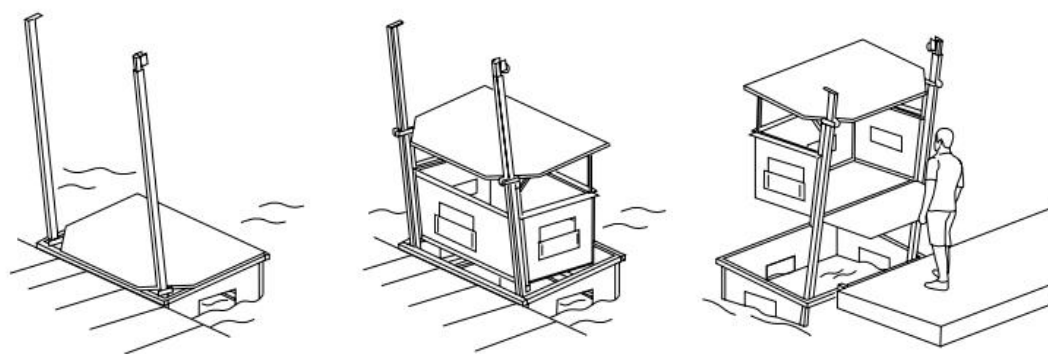


Figura 39. *Harbor Skimmer*
(Font: 4Ocean)

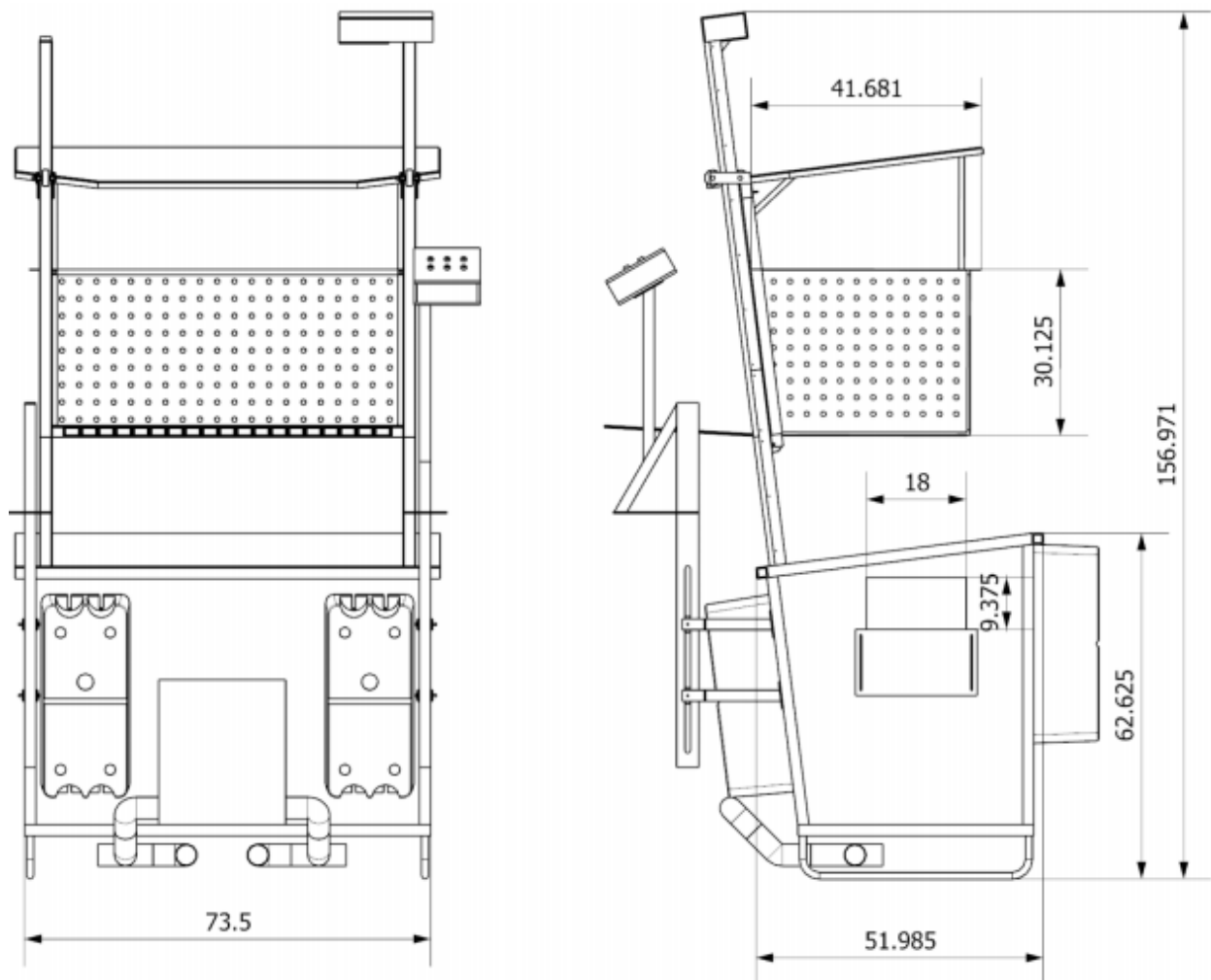


Figura 40. Dimensions del Harbor Skimmer (cm) (1)
(Font: 4Ocean)

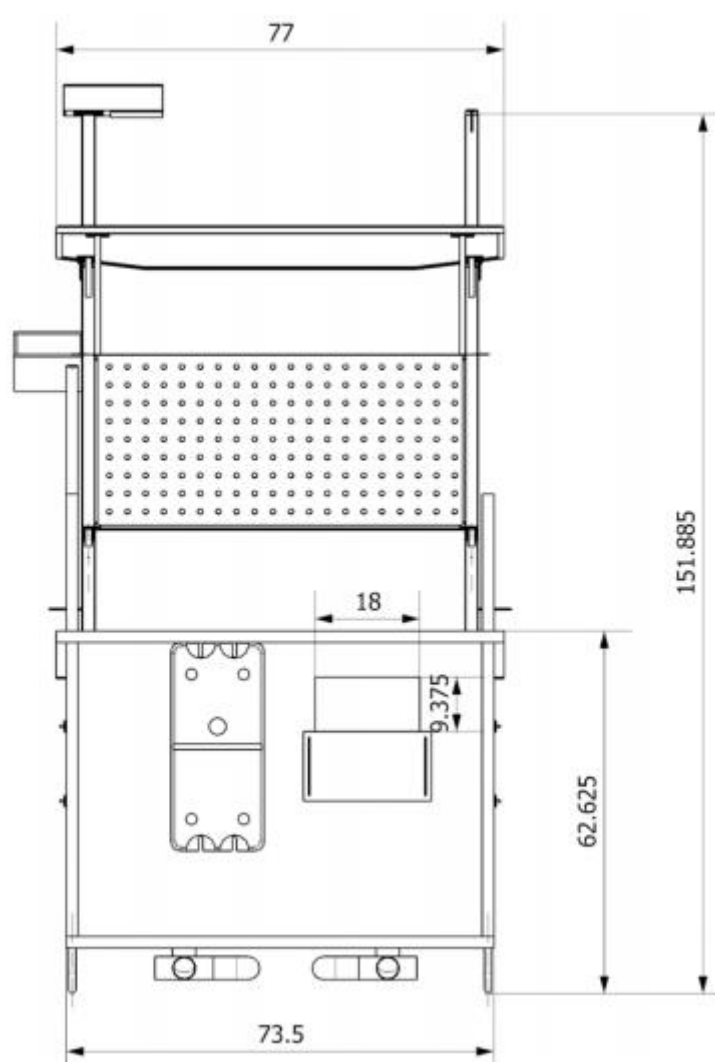


Figura 41. Dimensions del *Harbor Skimmer* (cm) (2)
(Font: 4Ocean)

→ MOBILE SKIMMER

El 4Ocean *Mobile Skimmer* va ser dissenyat i desenvolupat com a solució eficient i rentable per extraure els residus de plàstic que es troben surant a l'aigua dels rius i els mars. El sistema actua com un vaixell de neteja superficial de l'aigua utilitzant com un tipus de braços orientats cap endavant, de manera que els residus es van concentrant i a través d'una cinta transportadora acaben entrant al sistema on s'agrupen estratègicament en sacs fets a mida. Llavors, amb una grua ploma muntada a popa i controlada hidràulicament, es podran moure i descarregar amb seguretat els sacs que poden contenir fins a 450kg de residus. Aquesta grua també es pot utilitzar per moure altres equips o per carregar peces pesants que estiguin surant a la superfície de l'aigua.

Des d'una cabina personalitzada l'operador té un control complet de l'embarcació, inclosos els sistemes hidràulics, la cinta transportadora, tots els sistemes elèctrics i de navegació, els sistemes de comunicació i les funcionalitats dels motors. Tot seguit es mostren les especificacions tècniques i les dimensions del *Mobile Skimmer*:

- | | |
|---|--|
| ▪ Estructura d'alumini | ▪ Sistema de bombes hidràuliques |
| ▪ Components i maquinària d'acer inoxidable | ▪ 2x Motor foraborda 4T: 40CV (cadascun) |
| ▪ Plataformes antilliscants en totes les superfícies planes | ▪ Bateria a bord: 12V |
| ▪ Baranes de seguretat en el perímetre exterior | ▪ Sistemes hidràulics independents per la cinta transportadora i pels braços |
| ▪ Llums de navegació visibles per la Guardia Costera | ▪ Direcció hidràulica |
| | ▪ Ràdio VHF |



Figura 42. *Mobile Skimmer* navegant i en funcionament
(Font: 4Ocean)

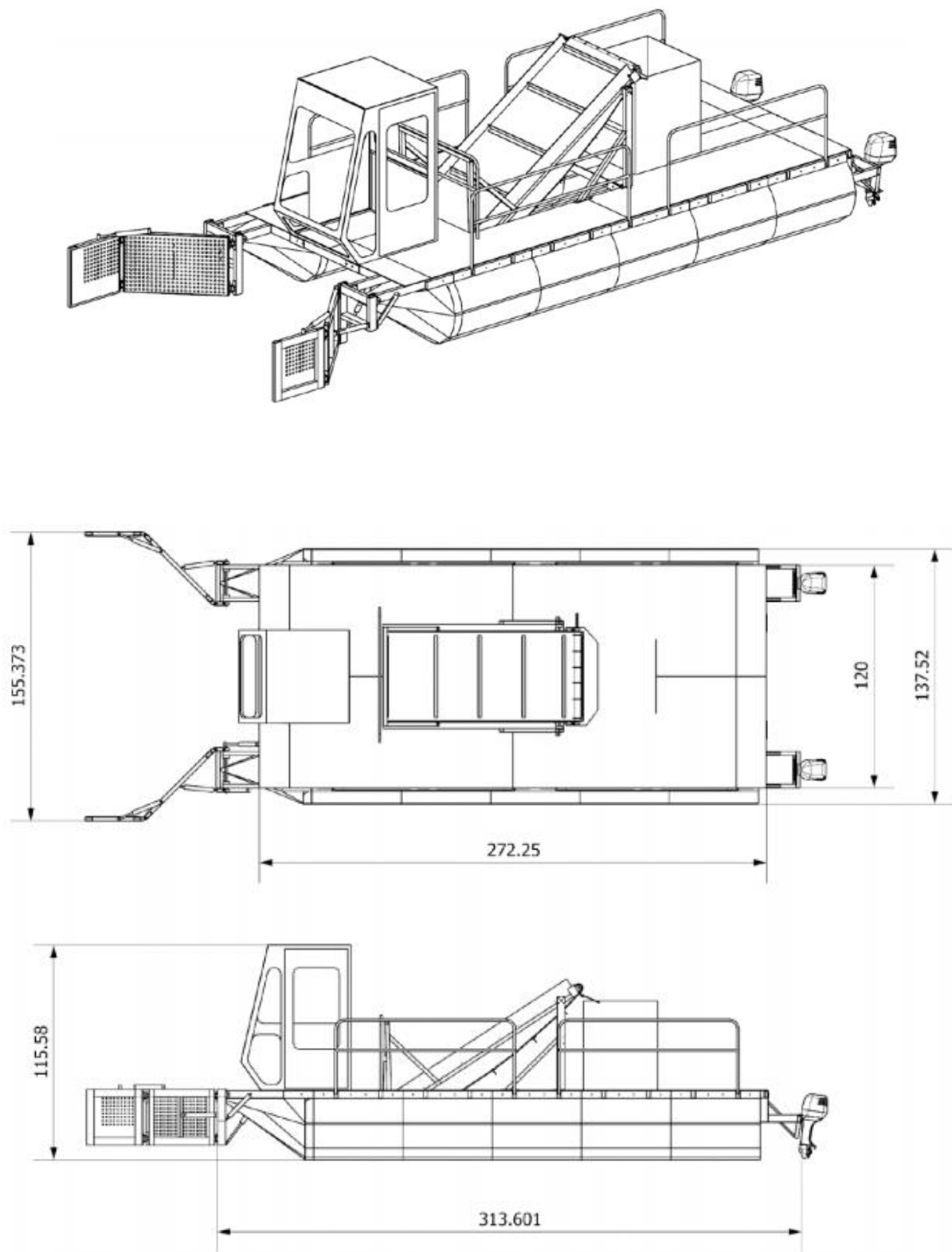


Figura 43. Dimensions del *Mobile Skimmer* (cm) (1)
(Font: 4Ocean)

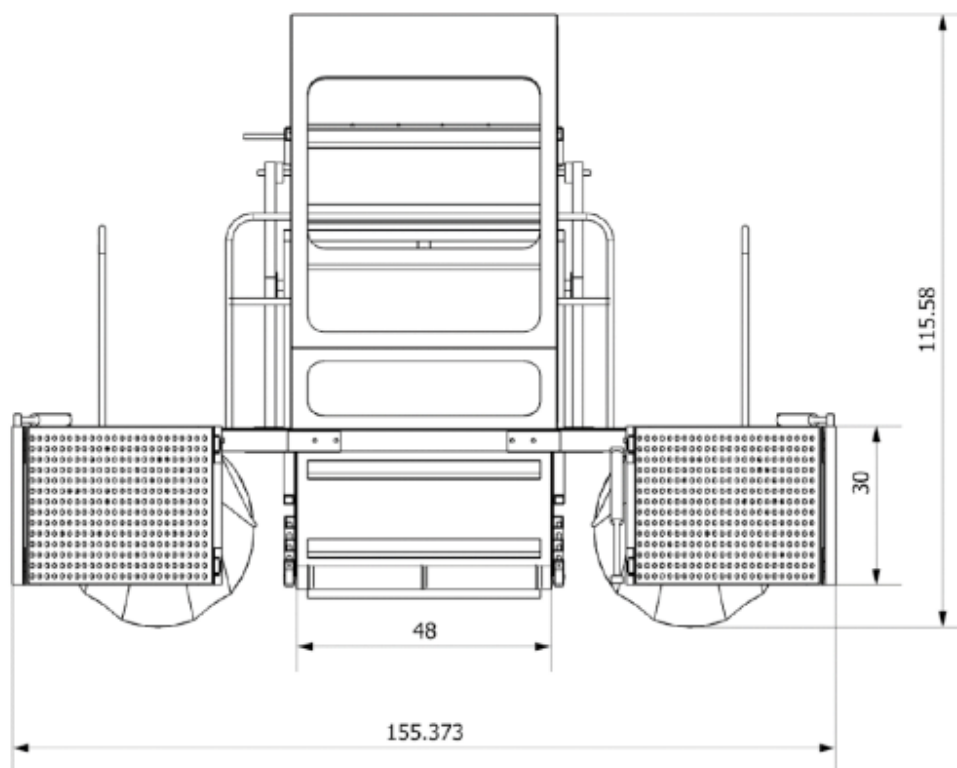


Figura 44. Dimensions del *Mobile Skimmer* (cm) (2)
(Font: 4Ocean)

5.4.2 The Seabin Project

Cansats de fer surf, navegar i inclús banyar-se al mar envoltats de deixalles, Andrew Turton i Peter Ceglinski van fundar l'any 2014 The Seabin Project, un projecte amb el que van idear un simple sistema basat en un cubell de plàstic (HDPE) que succiona les deixalles que li van arribant. Aquest sistema, anomenat *Seabin V5*, està dissenyat per instal·lar-se en aigües tranquil·les amb els serveis adequats disponibles, com per exemple en ports esportius. Instal·lat al moll mitjançant un suport, el *Seabin V5* va recollint les escombraries marines gràcies al moviment oscil·latori que realitza degut a la marea. L'aigua és succionada des de la superfície i passa a través d'una bossa de captura situada dintre del cubell, amb una bomba d'aigua submergible capaç de desplaçar 25000 l/hora, connectada directament a una sortida de 110V o 220V (situada al moll) a través d'un cable elèctric de 6m. Llavors l'aigua és bombejada novament al mateix port esportiu deixant les deixalles atrapades a la bossa de captura, la qual pot arribar a aguantar fins a 20kg de residus.

Pel que fa al cost que suposa el seu manteniment, aquest es basa principalment en l'electricitat per al funcionament de la bomba, la qual consumeix 500W de potència i és adaptable per a que pugui funcionar a través de l'energia de les ones, del sol (solar) o del vent (eòlica).



Figura 45. Logotip de *The Seabin Project*

(Font: *The Seabin Project*)



Figura 46. *Seabin V5* fora de l'aigua, prèviament a la seva instal·lació
(Font: *Medium*)



Figura 47. *Seabin V5* instal·lat i en funcionament
(Font: *GreenPort*)

Actualment hi ha un total de 860 sistemes instal·lats arreu del món. El *Seabin V5* atrapa una quantitat estimada de 3,9kg de deixalles flotants al dia per un total d'aproximadament 1,4 tones per any (depenent del clima i el volum de deixalles). En el cas de les microfibrilles de plàstic més petites, el sistema pot tenir instal·lat un filtre consistent en una mena de malla fina feta de polipropilè, amb el que es capaç de retenir-les. A més, està fàcilment equipat amb una mena de coixinets absorbents capaços d'absorbir olis superficials (basats en petroli) i detergents predominants en la majoria dels ports esportius de tot el món.

Al basar-se en el bombeig i la succió de l'aigua de la superfície del mar cap a l'interior del cubell, el *Seabin V5* pot interceptar tota mena de residus flotants, tant macroplàstics com microplàstics (de fins a 2mm):

RESIDU	NOMBRE DE CAPTURES PER ANY
<i>Bossa de plàstic</i>	90000
<i>Ampolla de refresc</i>	11900
<i>Ampolles d'aigua (600mL)</i>	50000
<i>Tasses d'un sol ús</i>	35700
<i>Utensilis de plàstic (culleres, taps, etc.)</i>	117650

Taula 5. Residus que intercepta el *Seabin V5* i nombre respectiu de captures per any
(Font: Elaboració pròpia)

A continuació es mostren els diferents components i les dimensions del *Seabin V5*:

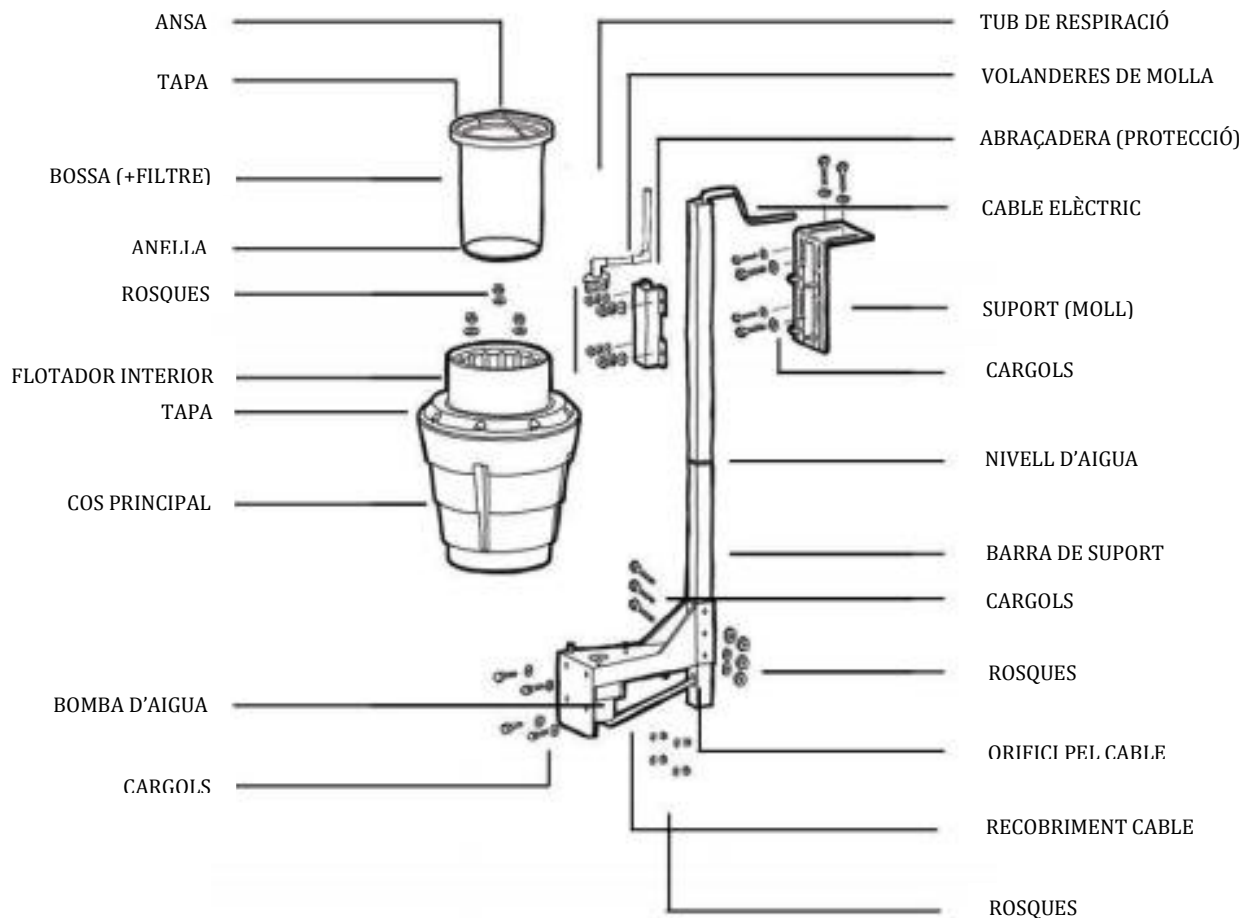


Figura 48. Components del sistema *Seabin V5*
(Font: The Seabin Project (Adaptació pròpia))

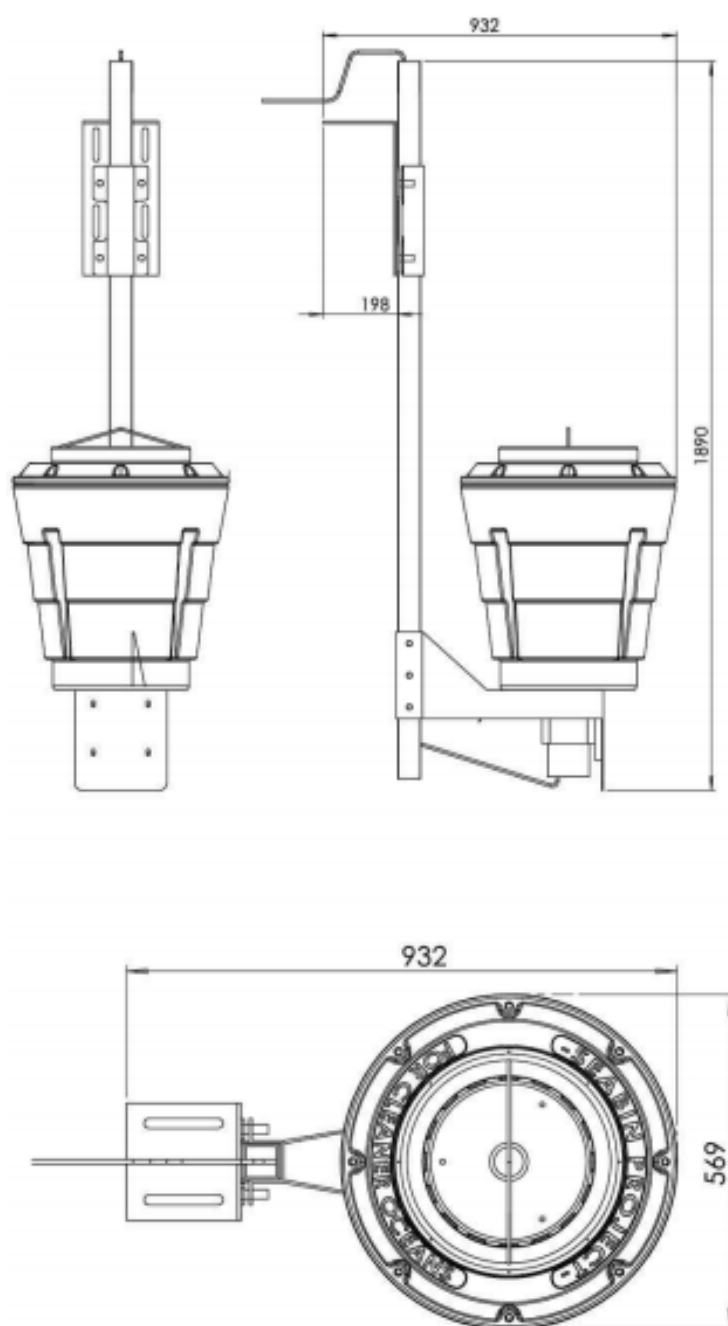


Figura 49. Dimensions del Seabin V5 (en mm)
(Font: The Seabin Project)

5.4.3 Inner Harbor Water Wheel

L'*Inner Harbor Water Wheel* ("Mr.Trash Wheel" per als locals) és un sistema que combina tecnologia antiga i nova per aprofitar la llum solar i el corrent dels rius de Baltimore (EUA) per recollir els residus i les deixalles que hi flueixen per aquests. El projecte va ser ideat per l'enginyer John Kellet, que amb l'ajuda de Waterfront Partnership, una ONG que es dedica a donar suport a persones i companyies per a la cura del port de Baltimore, van aconseguir posar-lo en marxa al maig de l'any 2014. A més, van pensar donar-li l'aparença d'una criatura amb una gran boca que simula "menjar-se" les deixalles de l'aigua, per la qual cosa van decidir posar-li ulls decoratius per a que tingués un aspecte més "real".



Figura 50. *Inner Harbor Water Wheel*
(Font: Waterfront Partnership)

El sistema es basa en un vaixell amarrat estratègicament que actua com un interceptor de residus, gràcies a l'acció d'una cinta transportadora que els introdueix a un contenidor que un cop ple serà buidat a terra per tal de reciclar-los. El mecanisme funciona de la següent manera:

- 1) Utilitzant unes barreres de contenció, els residus que flueixen pel riu es canalitzen cap a l'entrada del sistema. Aquestes barreres disposen d'una falda de 2ft ($\approx 0,6$ m) que permet capturar les deixalles que estan per davall de la superfície.
- 2) Els residus arriben a l'entrada del sistema, on un mecanisme en forma de rastell els impulsa cap a la cinta transportadora. Tant aquest mecanisme com la cinta funcionen gràcies a una gran roda hidràulica que els alimenta amb l'energia obtinguda del corrent del riu. A més, quan el corrent del riu no és suficient, l'*Inner Harbor Water Wheel* disposa de panells solars (ubicats a la part superior del sistema) que aprofiten l'energia del Sol per accionar unes bombes que impulsen aigua a la roda per mantenir-la en moviment.



Figura 51. Apreciació dels panells solars i la roda hidràulica de l'*Inner Harbor Water Wheel*
(Font: The Log)

- 3) Quan els residus arriben a la part superior de la cinta transportadora cauen a un contenidor col·locat al damunt d'una barcaça separada. Un cop el contenidor és ple, es porta a terra per buidar-lo i es substitueix per un altre de buit. Idealment, el plàstic és recollit per l'*Inner Harbor Water Wheel* per reciclar-lo, però els responsables del sistema encara no disposen de les tecnologies necessàries per separar-lo de la resta de residus. Pel moment, l'associació encarregada de l'*Inner Harbor Water Wheel* afirma que la millor alternativa és incinerar els residus per generar electricitat.



Figura 52. Contenidor de l'*Inner Harbor Water Wheel*
(Font: Youtube)



Figura 53. Contenidor ple de residus i cinta transportadora de l'*Inner Harbor Water Wheel*
(Font: ShareAmerica)

Actualment es troben en funcionament tres sistemes ubicats en diferents punts dels rius de Baltimore, i entre els tres han recollit un total de 1356 tones de residus. A més, ja han anunciat la instal·lació d'un quart *Inner Harbor Wheel*, el qual tindrà unes dimensions considerablement més grans i disposarà d'un element nou: un braç addicional per poder moure els residus més pesants.

Capítol 6. A la recerca de solucions eficients

Gràcies a tota la tecnologia estudiada en el capítol 5, l'esperança de l'ésser humà en fer front a la contaminació causada pel plàstic al mar ha augmentat notablement. Com s'ha vist, tant els projectes com els sistemes ja implementats disposen d'una gran capacitat per reduir aquest problema i combatre'l en un futur.

No obstant això la realitat és que totes aquestes accions són insuficients, ja que per més mètodes que existeixin per netejar els plàstics dels oceans, el gran problema està en el fet de que la seva entrada al mar és contínua i incessant. És per aquest motiu que les solucions vàlides requereixen enfocaments multidisciplinaris i cooperació internacional, ja que la contaminació afecta a països veïns i aigües internacionals. Aquestes solucions inclouen millores durant el cicle de vida dels plàstics i en la seva gestió al finalitzar la seva vida útil (economia circular), una reducció del seu alliberament en les plantes de tractament d'aigües residuals, una educació adequada i conscienciada per al consumidor i, sobretot, una correcta governança nacional i internacional.

6.1 Economia circular

En la majoria dels casos, i especialment en el cas dels països amb més recursos econòmics (que són grans productors i consumidors de plàstic), l'opció més immediata que permetria la reducció del problema passa per desenvolupar millors sistemes de gestió i tractament de residus. Així mateix, no hi ha solució al problema que no impliqui una reducció de plàstics en origen, és a dir, una menor producció, un menor ús d'elements d'aquest material i una reutilització dels ja existents.

Com a consumidors/es disposem d'alternatives i recomanacions per no seguir fomentant la producció i el consum de productes de plàstic d'un sol ús, els quals representen, com ja s'ha vist, una de les majors amenaces dels ecosistemes a nivell global dels nostres temps. Per tant, s'ha d'evitar el que es coneix com sistema d'economia de tipus lineal, el qual està basat en la producció dels bens a partir de matèries primeres per a la seva posterior compra per part dels consumidors que més endavant, després d'haver fet ús dels productes en qüestió, llancen els materials sobrants no permetent d'aquesta forma la seva reutilització.

A llarg termini, la solució més sostenible inclou una orientació cap a una economia del plàstic més circular, en la que els propis productes siguin fruit de la producció existent (reutilitzant i reciclant els materials) i, per tant, reduint el concepte de residu considerablement.

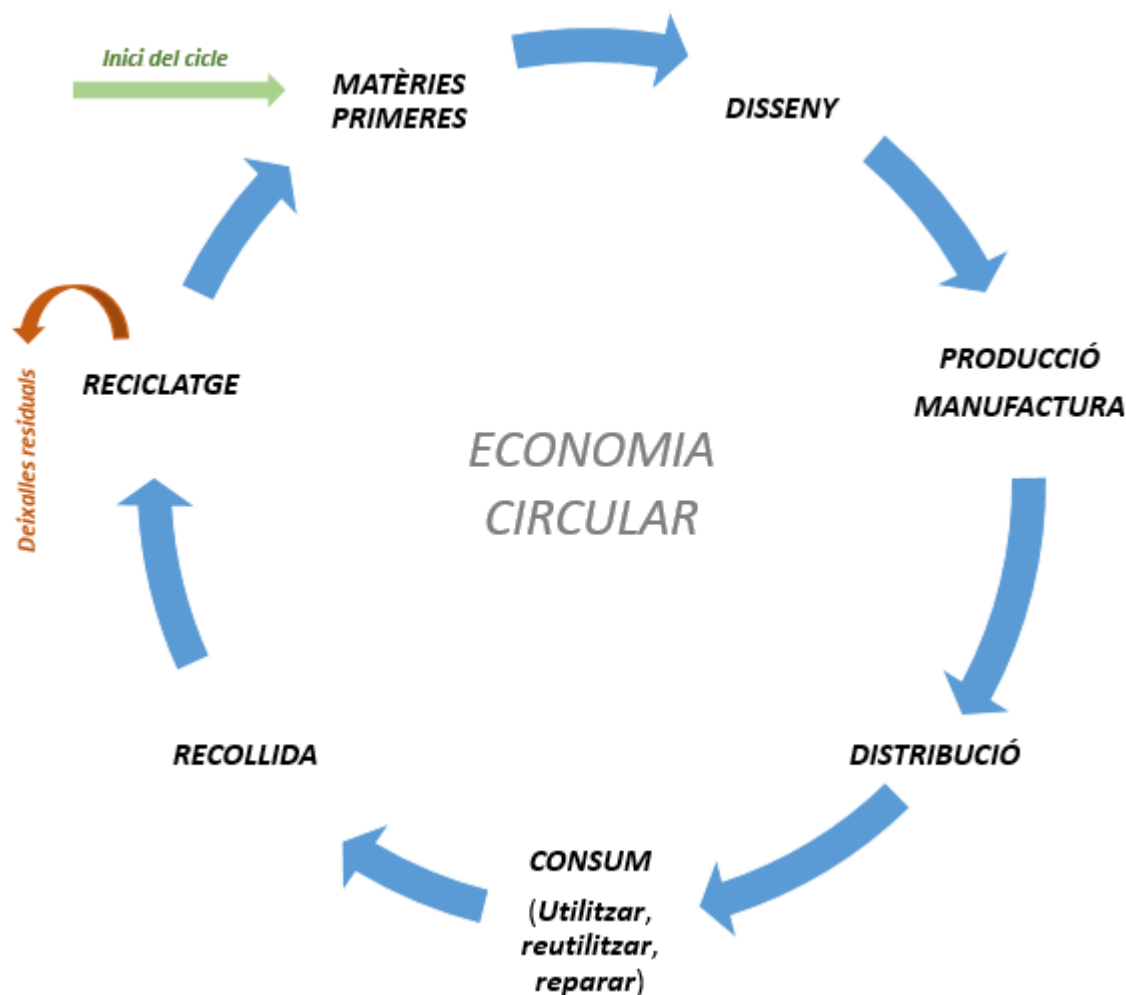


Figura 54. Esquema conceptual de l'economia circular
(Font: Elaboració pròpia)

Actualment, l'economia circular suposa una ampliació de la regla de les 3Rs (reduir, reciclar i reutilitzar), i a mesura que es va aplicant la mateixa teoria a sectors més amplis, cada cop hi ha més "erres" que podem implantar per afinar i optimitzar la teoria. Així doncs, ja es parla de les 6Rs, que inclouen processos com *reduir* matèries primeres, *redissenyar* els productes pensant en el concepte de reutilització o reciclatge, *reemplaçar* els productes d'un sol ús quan no siguin pràctics, *reutilitzar* els existents atorgant-los usos alternatius, *reciclar* per evitar que el plàstic es converteixi en residu a la primera volta, i *recuperar* produint plàstics a partir de potencials residus.

Tot i això, aconseguir que una economia circular funcioni de forma efectiva no és tan senzill. En primer lloc, és necessari que la societat compregui la necessitat d'aquest tipus d'economia i que aquesta sigui acceptada com una forma de procedir permanentment, considerant-la pròpia tant a les nostres llars

com als nostres respectius treballs o empreses. A nivell d'infraestructures i equipaments requereix també certa inversió, de manera que el fet d'adoptar una economia circular en el nostre dia a dia sigui assequible i estigui facilitat per les polítiques de gestió de les activitats econòmiques i mediambientals.

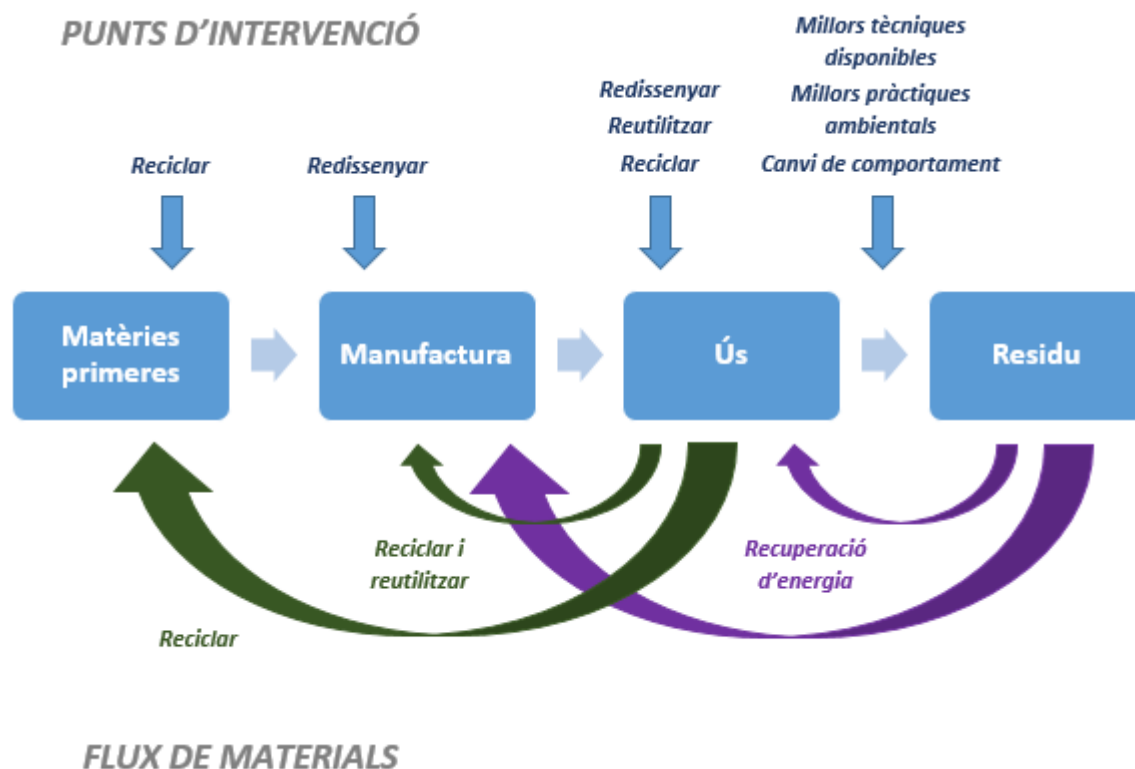


Figura 55. Esquema conceptual sobre els punts d'intervenció possibles en l'economia circular
(Font: Elaboració pròpia basada en un estudi de *Ecologistas en Acción*)

Les estratègies actuals per poder millorar la sostenibilitat dels plàstics durant tot el seu cicle de vida es focalitzen sobretot en les seves fases de producció, consum i gestió de residus (utilitzant sempre un tipus d'economia circular).

6.1.1 Producció

Com s'ha vist en apartats anteriors, l'ús i la producció de plàstic han seguit des dels seus inicis una tendència exponencial, des de la seva generació fins al seu consum i rebuig. A nivell de producció, les idees per tal de reduir l'ús del plàstic es centren en aspectes com la millora del disseny per tal de poder prolongar la vida útil del producte i permetre la seva reparació i reutilització; la utilització de materials reciclats, biodegradables o alternatius (com ara el vidre); i l'aplicació de certes impositcions i prohibicions.

→ Canvi de materials i millora del disseny

Mesures com incentivar la producció de materials de plàstic reciclat i reciclables encoratjarien el desenvolupament d'un sistema de recollida i separació dels residus de plàstic més eficient, de

manera que s'estarien donant dos passos en un. Els productes fabricats amb barreges de resines com el policarbonat o la poliamida serveixen de contraexemple, ja que degut a la seva complexa composició química són impossibles de reciclar a les plantes processadores. Per tant, un mode molt més eficient per facilitar el reciclatge seria fabricar productes d'un sol material, i en el cas d'utilitzar-ne més d'un (per necessitats tècniques), que les peces dels diferents materials fossin fàcilment separables i, per tant, reaprofitables.

Seguint aquesta línia van apareixent nous conceptes i principis, com per exemple la forma de fabricació “Cradle to cradle” (del bressol al bressol), en contrast amb el tradicional “Cradle to grave” (del bressol a la tomba). Aquest últim domina la fabricació actual: s'obtenen les matèries primeres, es processen, es distribueixen, s'utilitzen i es rebutgen als abocadors o, en el millor dels casos, una part es recicla. El que fomenta el nou concepte “Cradle to cradle” es un canvi en la manera amb la que es dissenyen els productes; tot deu estar pensat per a que un cop estigui usat no acabi rebutjant-se a abocadors, sinó que formi part de l'inici de la següent cadena productiva. L'enfocament d'aquest nou concepte s'allunya de l'ecologisme tradicional, ja que no aspira a reduir el consum sinó a reinventar els processos industrials per a que els productes, un cop usats, es reciclin i siguin retornats a la pròpia indústria.

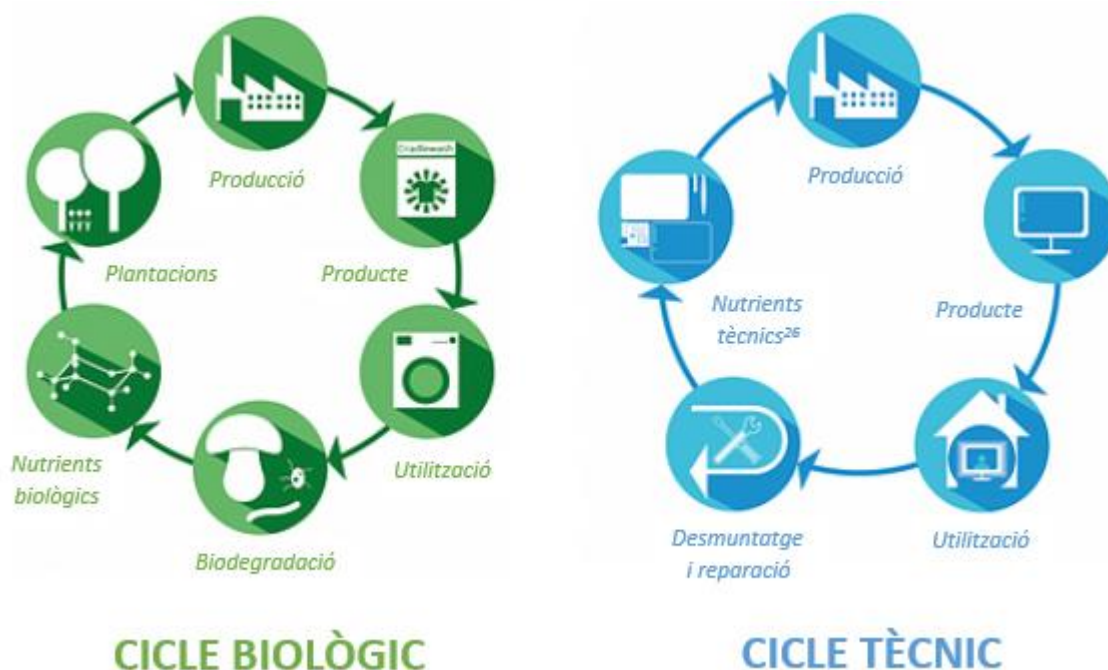


Figura 56. Cicle biològic i cicle tècnic dels productes seguint el concepte “Cradle to Cradle”
(Font: Researchgate (Adaptació pròpia))

Una altra de les idees per poder millorar l'eficiència de la producció de plàstic es basa en la utilització de materials biodegradables, tot i que aquesta és una de les iniciatives més discutides sobre el tema en l'actualitat. A més, hi ha gran confusió a l'hora de diferenciar els plàstics biodegradables dels bioderivats. Com s'ha explicat en l'apartat 2.1.1, els termes “biodegradable” i “bioderivat” no signifiquen el mateix, ja que mentre els primers són els dissenyats per ser més susceptibles a la degradació, els segons són els que estan derivats de la biomassa. Per tant, si bé molts consumidors poden creure que tot el plàstic bioderivat es

descompondrà naturalment si es llença a la brossa o en abocadors, això no és necessàriament cert. Tant el plàstics convencionals produïts a base de combustibles fòssils com els bioderivats poden dissenyar-se per degradar-se en certes condicions. Tanmateix, les condicions de calor i humitat requerides poques vegades es compleixen, a més que en el seu procés de biodegradació el plàstic pot ser que no desaparegui per complet, sinó que es fragmenti en trossos més petits fins a arribar a formar microplàstics. Els que es descomponen totalment són els plàstics compostables, terme que també es sol confondre freqüentment, i estan dissenyats per a que ho facin en instal·lacions especialitzades de compostatge i a unes certes condicions. El problema que hi ha amb aquests plàstics compostables és que no tots els municipis disposen d'aquestes instal·lacions, i per tant no poden reciclar els productes d'aquest tipus.

Els plàstics bioderivats tenen algunes avantatges respecte els produïts a partir de combustibles fòssils, com per exemple el fet de que provenen de fonts renovables o que provoquen menys efecte hivernacle en el cas de que s'incineressin per produir energia. Tot i això, són diversos els inconvenients que fan que no tinguin el suficient suport per part dels experts per convertir-se en una alternativa sòlida per fer front al problema, com ara ho són:

- S'utilitzen aliments per fabricar-los, el cultiu dels quals requereix d'una agricultura intensiva, allunyada del concepte d'agricultura sostenible. Suposa un elevat consum d'aigua i pot implicar desforestació.
- Habitualment contenen additius.
- Tenen elevats costos de producció.
- No es poden barrejar amb altres plàstics per reciclar-los, sinó que s'han de reciclar per separat.
- En el cas dels compostables, requereixen d'instal·lacions especialitzades per al seu tractament.

La utilització de materials alternatius, com per exemple el vidre, és una altra de les opcions a valorar. Per una part, és evident que en referència a la reutilització i al reciclatge el vidre té un gran avantatge, ja que es 100% reciclable i es pot reciclar tants cops com es vulgui sense perdre qualitat. Tot i això, gràcies a les comoditats que ofereix el plàstic com ho són el seu disseny i lleugeresa, el vidre ha passat a tenir un ús minoritari. Aquest és un fet inevitable que forma part de l'evolució en la societat i que va suposar un gran pas endavant per facilitar en molts aspectes les activitats de l'ésser humà (com ara el transport). Tal com s'ha estudiat, el principal problema està en la mala gestió dels residus. Per tant, a gran escala, es podria dir que més que cercar la solució en un material alternatiu, caldria centrar els esforços en saber fer un bon ús del plàstic per tal d'aprofitar les seves avantatges sense alterar el medi ambient. Un altre exemple clar ho és la utilització de bosses de paper en lloc de les de plàstic. És cert que el paper triga molt menys en degradar-se en l'entorn natural, però l'objectiu principal hauria de ser que aquestes bosses no arribessin mai a alliberar-se, sinó que es reutilitzessin.

→ Imposicions i prohibicions

Com a objectiu a assolir, les empreses haurien de procurar reduir la producció de residus i reciclar durant els processos de fabricació, siguin del tipus que siguin. Per exemple, la pèrdua de

pel·lets de plàstic de preproducció podria minimitzar-se mitjançant estratègies voluntàries (ex: *Operation Clean Sweep*²⁷) o bé obligatòries (ex: *National Pollutant Discharge Elimination System*²⁸), com ara la instal·lació de malles en desguassos. Les mesures a dur a terme inclourien:

- a) Imposar requisits ecològics i etiquetar les substàncies nocives.
- b) Subvencionar les empreses de reciclatge o les empreses que utilitzin materials reciclats.
- c) Atribuir recompenses (per exemple, finançar la recol·lecció de residus marins per part dels pescadors) i afavorir la compra de materials reciclats.

La prohibició d'alguns tipus de plàstics d'un sol ús també resultaria beneficiosa per l'ecosistema marí i pel medi ambient, com per exemple els bastonets de cotó o les microesferes afegides als productes cosmètics, els quals formen gran part dels residus presents als oceans. Actualment ja s'han proposat i aplicat lleis per aconseguir fer front al problema, les quals s'explicaran amb més profunditat en pròxims apartats.

6.1.2 Consum

Després d'una producció eficient, la reducció del consum de productes de plàstic és un altre dels aspectes principals a tenir en compte, tot i que a vegades és difícil d'aconseguir degut a alguns factors com la seguretat dels aliments o la falta de conveniència. No obstant això, segueix sent possible evitar embalatges innecessaris (per exemple, embalatges dobles) o elegir alternatives més ecològiques. Augmentar la consciència sobre els impactes mediambientals que suposen les eleccions dels consumidors a través de l'educació formal (escoles) o informal (per exemple notícies, organitzacions de neteja, etc.), és una estratègia a llarg termini que podria ajudar a reduir el consum de plàstics. Això podria conduir a determinades decisions per part dels consumidors, com ara l'elecció de productes cosmètics lliures de microplàstics, amb l'ajuda d'una etiqueta que ho indiqués. La consciència i l'educació en la societat són mitjans molt útils i importants per fer front a la contaminació causada pel plàstic al mar, tal com ho demostren les grans quantitats de residus recuperats de nombroses platges gràcies a la dedicació d'associacions com la *Fundació Ecomar*, la qual organitza des de l'any 2007 jornades de neteja amb nens/es i monitors, i que l'any 2018 van aconseguir retirar 8607kg de residus amb la participació de diverses escoles i clubs nàutics.

Fins fa poc, aquest gran problema mediambiental era pràcticament desconegut en la societat, a causa de la falta de fonts i mitjans per poder rebre la informació pertanyent. Tot i això, gràcies als avenços dels mitjans de comunicació i a l'aparició de grans eines com Internet, la informació ha acabat arribant a les persones i la tendència en augmentar l'interès en aquest problema s'ha incrementat amb el suport de cursos en línia oberts, conferències, activitats, etc. A més, la combinació d'Internet amb les xarxes socials permet per una part cercar la informació que es vulgui adquirir i, per altra, interactuar amb aquesta (fet que actualment té un major impacte que altres mitjans de comunicació). Aquestes campanyes s'haurien de traduir amb èxit en canvis de comportament a llarg termini, com ara en distribuir correctament els residus a través d'obligacions morals en lloc de sancions poc efectives. Per tant, l'educació i la conscienciació s'haurien de centrar en accions pràctiques, incloses la reducció del consum de productes nocius, la reducció i correcta distribució dels residus i la millora de les taxes de reciclatge, aprofitant un bon comportament per part del consumidor.

6.1.3 Gestió de residus

Una adequada gestió de residus es basa en la jerarquia de les 3Rs esmentada en apartats anteriors: reduir, reciclar i reutilitzar. Tot i que la prioritat és reduir i reutilitzar (intervenint en la producció i el consum), inevitablement es produiran residus que s'hauran de gestionar adequadament com un recurs, mitjançant un Sistema Integrat de Gestió de Residus²⁹. Reutilitzar els envasos resulta difícil, ja que requereix la recuperació, classificació i reaprofitament d'aquests, per la qual cosa amb prou feines es fa, exceptuant els dels productes de gran valor (com ara aparells electrònics o vehicles). Per tant, els residus que es puguin produir es deuen reciclar, i només en el cas de que aquests no siguin reciclables s'haurien d'emprar com a matèria primera o per produir energia, sent els abocadors l'última opció (per residus finals com les cendres).

Actualment existeixen regulacions en el comerç de residus de plàstic entre països, acordades a l'última Convenció de Basilea³⁰ per més de 180 països, amb les quals es redueix l'exportació d'aquests residus i augmenta la necessitat de solucions locals. Tot i això, la implementació de Sistemes Integrats de Gestió de Residus es costosa i lenta, sobretot als països en desenvolupament. En aquests casos contenir els residus és una prioritat per evitar riscos per a la salut pública i pel medi ambient. Per aquest motiu, els abocadors i les plantes incineradores poden utilitzar-se com a principals estratègies per gestionar els residus, mentre no es desenvolupin pràctiques més sostenibles.

L'alliberament de plàstics al mar és un problema que requereix acció i cooperació global. Per tant, la cooperació internacional hauria d'ajudar aquesta transició proporcionant coneixement i subvencionant les infraestructures de gestió de residus als països pobres.

→ Reciclatge

El reciclatge de plàstics és un procés complex que compren les següents fases:

- 1) Recol·lecció de residus prèviament separats pels consumidors o centres.
- 2) Separació dels reciclables i eliminació dels contaminants.
- 3) Segregació segons el polímer i el color. Aquest procés és especialment difícil i pot comprometre la qualitat final dels plàstics reciclats.
- 4) Extrusió³¹ de cada polímer en pel·lets.
- 5) Venta de pel·lets a empreses de fabricació.

Per una part el reciclatge primari (circuit tancat) genera plàstics d'alta qualitat a partir de materials no contaminats produïts generalment per fabricants (per exemple els protectors posteriors dels televisors de pantalla plana), mentre que el reciclatge secundari genera plàstic de pitjor qualitat per ser utilitzat en aplicacions menys exigents (com ara materials de construcció, productes tèxtils, etc.). Actualment, el reciclatge de plàstics està encara limitat per factors com l'elevat cost que suposa el procés en comparació amb el baix cost dels plàstics verges, la degradació i contaminació dels plàstics que limita els seus usos i el nombre de cicles de reciclatge, i la baixa reciclabilitat d'alguns productes (com ara els tèxtils, els envasos flexibles, etc.). A l'augmentar les taxes de reciclatge probablement seria possible millorar la qualitat dels

materials reciclats i els desenvolupaments tecnològics en el procés de reciclatge, i superar els problemes esmentats anteriorment.

Els impactes del reciclatge en el medi ambient generalment resulten del consum d'energia no renovable, el transport i la introducció de possibles additius. No obstant això, segueix sent el mètode de gestió de residus més favorable. Per exemple, reciclar PET i PE només requereix la meitat de l'energia necessària que caldria per produir polímers verges. El reciclatge estalvia recursos i energia, redueix les emissions contaminants, redueix la necessitat d'abocadors, crea llocs de treball i millora les economies locals, redueix les importacions de recursos i, en general, té un efecte positiu en el medi ambient. Per tant, per aquests motius es pot concloure que el reciclatge resulta beneficiós per la societat i que els països haurien d'intentar augmentar les seves taxes. A més, en el cas de que es millorés el reciclatge primari, podria arribar a ser econòmicament factible.

Tot i això, no tots els plàstics es poden reciclar: els plàstics barrejats, contaminats i degradats no són adequats pel reciclatge, però es poden utilitzar per produir energia o com a matèria primera.

→ Producció d'energia i combustible

Una altra de les opcions es basa en aprofitar els residus de plàstic per la producció de vapor, calor, electricitat o combustible. La conversió de residus en energia supera algunes de les limitacions del reciclatge, com ara la necessitat de classificar-los segons el polímer o la competència amb els plàstics convencionals provinents de combustibles fòssils. Tot i això, aquesta alternativa perpetua una economia lineal.

Com opció principal per aprofitar els residus de plàstic no reciclables, es pot produir vapor, calor i electricitat a partir de la seva incineració. Els principals beneficis de la incineració inclouen l'estalvi d'energia en comparació amb el reciclatge, el fet de que no requereix un tractament previ dels residus, i el reemplaçament de combustibles fòssils per produir electricitat.

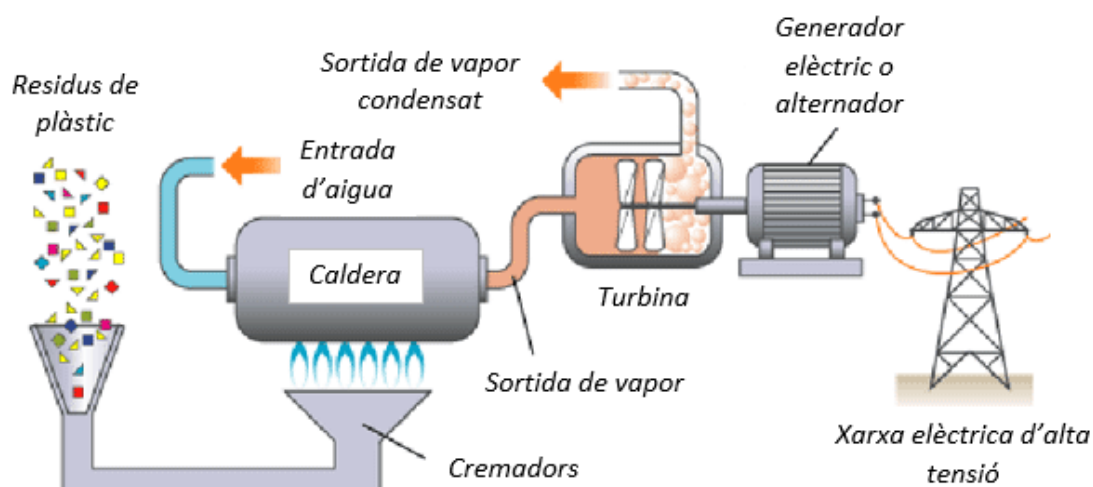


Figura 57. Esquema d'un sistema d'incineració de plàstic per la generació d'electricitat
(Font: Blogger (Adaptació pròpia))

Pel contrari, les limitacions que presenta aquesta alternativa inclouen principalment l'emissió de substàncies perilloses a l'atmosfera i la perpetuació d'una economia lineal. La incineració de residus requereix un costós i avançat control de la contaminació de l'aire per evitar que grans quantitats de tòxics i de CO₂ s'alliberin i perjudiquin el medi ambient. A més, la crema de plàstic resulta en la producció de cendres que contenen una alta concentració de contaminants (per exemple, metalls pesats, sal, clorur i contaminants orgànics), la majoria de les quals acaben en abocadors. Aquestes cendres també es poden utilitzar en programes de recuperació de metalls o com a agregats en l'asfalt per la construcció de carreteres.

Pel que fa a la producció de combustible, existeixen processos de piròlisis i de gasificació capaços de reformular els residus de plàstic en matèries primeres i utilitzar energia per recuperar els components necessaris per produir combustibles similars a la gasolina, o bé per produir productes químics i lubricants. Aquests processos encara estan en desenvolupament i tenen un impacte força elevat en el medi ambient degut a l'emissió de gasos nocius a l'atmosfera.

Per tant, es podria concloure que tot i que les taxes de reciclatge haurien d'augmentar, sempre hi haurà fraccions de residus compostos de plàstics barrejats, contaminats o degradats que seran adequats per aquestes operacions, evitant així que acabin als abocadors. Segons un article de Marta Villén publicat al març de l'any 2019, el ≈40% dels residus de plàstic de Europa són incinerats per aprofitar el seu potencial energètic; del ≈30% que s'estima que es recullen per reciclar, només s'acaba reciclant un ≈6%; i el ≈30% d'aquests residus acaba a abocadors, en els que ni s'aprofita el seu potencial ni es reciclen.

6.2 Aplicació de lleis i normatives

Com s'ha esmentat en apartats anteriors, l'aplicació de certes imposicions i prohibicions és una altra de les possibles opcions per reduir l'impacte causat pel plàstic als oceans. Per aquest motiu, en molts països d'arreu del món ja s'està prenent consciència de la necessitat d'afrontar aquest impacte, mitjançant l'establiment de mesures i lleis que busquen combatre el que avui destaca com una de les principals problemàtiques dels últims temps:

- El 27 de març de l'any 2019 la Unió Europea va aprovar la prohibició de la utilització dels següents objectes de plàstic d'un sol ús a partir del 2021: plats, coberts, bastonets de cotó, pals per subjectar els globus, envasos de plàstic oxo-degradable i gots de poliestirè expandit.
- Als Estats Units d'Amèrica, ja son vuit els estats que han prohibit la utilització de bosses de plàstic d'un sol ús en establiments comercials. Es considera bossa de plàstic d'un sol ús qualsevol bossa de menys de 2,25 mm de gruix, ja sigui derivada de combustibles fòssils o de la biomassa (bioderivada), incloent les biodegradables i compostables. El primer estat en establir la llei va ser Califòrnia l'any 2015, i al 2019 es van unir a aquesta normativa Nova York, Connecticut, Delaware, Hawaii, Maine, Oregon i Vermont.

- El 3 de febrer de l'any 2019, Xile es va convertir en el primer país llatinoamericà en prohibir les bosses de plàstic d'un sol ús en el comerç. En el cas de les microempreses, les petites i les mitjanes, se'ls permet entregar un màxim de dos bosses per compra en un termini de dos anys (des de que la llei va entrar en vigor). Transcorregut aquest temps, es prohibirà l'entrega total.
- L'any 2019 a l'Àfrica, el govern de Ruanda va aprovar una llei que prohibeix la manufactura, importació, ús i venda de tot tipus d'objectes de plàstic d'un sol ús com palletes, ampolles, envasos, plats, gots i coberts, a més de les bosses que ja estaven prohibides des de l'any 2008.
- L'1 de gener del 2019 va entrar en vigor a Alemanya una normativa per la correcta manipulació d'envasos i embalatges, coneguda en alemany com *VerpackG*, la qual pretén que les empreses participin en els costos mediambientals i, a més, redueixin la quantitat de residus d'envasos.

Capítol 7. Conclusions

En aquest treball s'ha realitzat un ampli estudi de la contaminació causada pels residus de plàstic en l'ecosistema marí, per tal de conscienciar al lector de l'impacte que suposa l'alliberament d'aquest tipus de residus i poder plantejar un nou futur on, amb l'ajuda de la implementació de diversos projectes i sistemes innovadors per netejar els mars i amb la introducció de millores en el cicle de vida i la gestió final dels plàstics, es pugui reduir al màxim possible la seva entrada i presència als oceans.

Per tal de conèixer amb més profunditat les característiques d'aquest material tan perjudicial pel medi marí, s'han començat estudiant els diferents tipus de plàstics que existeixen i els grups de polímers als quals fan referència, així com les seves classificacions segons la seva plasticitat (termoplàstics o termoestables) i el seu origen (combustibles fòssils o biomassa). Un dels problemes més importants que suposa l'alliberament del plàstic al medi ambient, és l'entrada de microplàstics i nanoplàstics a l'ecosistema marí, ja sigui a través de l'atmosfera i les aigües residuals o a partir de la degradació dels residus més grans. Per entendre quin és el destí d'aquests fragments i partícules, s'han analitzat els diferents factors que hi influeixen, com ara la densitat del polímer (la qual varia la flotabilitat), la possible interacció amb la biota marina i el temps de degradació a l'oceà.

A causa dels girs oceànics creats pel vent, amb el pas del temps s'han format grans concentracions de plàstic disperses a nivell mundial, entre les quals destaca la situada al nord de l'oceà Pacífic, coneguda com *The Great Pacific Garbage Patch* (amb una superfície estimada d'1,6 milions de km²). L'existència d'aquestes concentracions es deu a la continuada producció massiva de plàstic des de la seva creació, a la mala gestió dels residus generats i, sobretot, a la seva costosa degradació als oceans. Aquests processos de degradació són extremadament lents, i depenen de les condicions físiques, químiques i biològiques a les que estan sotmesos els plàstics, i al grup de polímers al que fan referència. En aquest context, s'han distingit els plàstics convencionals, els quals no es poden descompondre i ser assimilats per microorganismes en un procés de biodegradació; els biodegradables, que poden ser convertits en substàncies naturals per l'acció dels microorganismes existents a l'entorn; i els oxo-degradables, els quals es fabriquen amb un additiu basat en metall que resulta en una fragmentació més ràpida. La introducció de productes químics additius als plàstics per modificar les seves propietats és un altre dels punts analitzats en aquest treball, en els que s'ha estudiat que poden tenir efectes toxicològics nocius per la població humana i no humana.

L'alliberament de plàstics als oceans es produeix en totes les etapes del seu cicle de vida, des de la seva producció fins a la generació de residus, a través de l'atmosfera, els rius o les costes. Per estudiar aquest

fet, s'han descrit les principals fonts terrestres i marítimes i els diferents punts d'entrada a l'oceà, tot i que les quantitats absolutes que hi entren segueixen sent desconegudes.

S'han estudiat els impactes dels residus de plàstic en l'ecosistema marí, tant en la fauna com en els hàbitats sensibles, a més dels seus efectes en la salut humana i l'impacte socioeconòmic que suposen. Aquests residus poden causar unes conseqüències ecològiques significatives, així com un elevat perill per al benestar i conservació de les espècies marines vulnerables o en perill d'extinció, causat per la possible ingestió dels plàstics o pel fet de quedar-se atrapades en xarxes de pesca abandonades, bosses, globus, etc.

Fins fa uns anys, el problema mediambiental causat per la presència dels plàstics als mars i oceans era pràcticament desconegut. No obstant això, gràcies a la invenció d'eines com Internet i als grans avenços dels mitjans de comunicació, la societat ha pogut adquirir informació i cada cop hi ha més consciència sobre aquest greu impacte. Aquest fet ha provocat un increment de l'interès per part de l'ésser humà en aquest tema, i la formació de noves organitzacions i associacions amb l'objectiu d'idear projectes i sistemes per netejar grans quantitats de plàstic de l'oceà i evitar-hi la seva entrada. En aquest treball s'han estudiat els sistemes innovadors més importants de l'actualitat, tant els que són encara projectes de futur com els que actualment estan en funcionament. És difícil destacar-ne un, ja que cadascun d'aquests projectes ha utilitzat mètodes diferents per implementar tecnologia i idear solucions interessants. L'organització The Ocean Cleanup, per exemple, per una part ha ideat un sistema per netejar el plàstic de l'oceà Pacífic basat en una barrera flotant que, amb l'ajuda de les forces oceàniques, aconsegueix atrapar i capturar el plàstic; i per altra, ha desenvolupat una solució per poder-lo interceptar de forma eficient als rius abans que aquest arribi als oceans, amb l'anomenat *The Interceptor* (en funcionament a Indonèsia i a Malàisia).

Tot i que cadascun dels sistemes ideats per les diferents organitzacions aplica els seus propis mètodes, alguns d'ells tenen un funcionament molt similar, com ara ho són l'anteriorment descrit *The Interceptor* i l'*Inner Harbor Water Wheel*, el qual també utilitza un sistema per interceptar els residus de plàstic presents als rius, en aquest cas de Baltimore (Estats Units). Un altre exemple ho són els estudiats *Seabin V5*, per part de The Seabin Project, i el *Harbor Skimmer*, ideat per 4Ocean. Els dos sistemes es basen en atrapar els residus surants dels ports esportius aprofitant el moviment de l'aigua causat per la marea, i amb l'ajuda de bombes d'aigua submergibles. La diferència principal està en que en el cas del *Seabin V5*, els residus queden capturats en un filtre situat a l'interior d'un cubell, mentre que el *Harbor Skimmer* utilitza una cistella de malla extraïble.

A més de netejar el plàstic dels mars i oceans, també cal centrar els esforços en investigar i conèixer amb més profunditat com està afectant l'impacte d'aquest material en l'ecosistema marí. És per aquest motiu que també s'ha estudiat el projecte creat per la fundació REV Ocean, la qual ha dissenyat un sofisticat vaixell d'investigació i expedició (actualment en fase de construcció) amb el que es vol observar i avaluar aquest impacte.

És evident que la implementació de tota aquesta tecnologia és un gran pas endavant per fer front a la contaminació del plàstic en l'ecosistema marí, però la realitat és que tot i la gran capacitat d'aquests sistemes per netejar els residus, l'entrada d'aquests als oceans és contínua i incessant. Es necessita més que tecnologia, una implicació per part de tota la societat i una adequada cooperació internacional per frenar aquest greu impacte. Tal com s'ha estudiat en aquest treball, la solució més vàlida a llarg termini inclou una orientació cap a una economia més circular, amb l'objectiu de reduir la pèrdua de plàstic al

medi ambient mitjançant la millora de les seves etapes de producció, consum i gestió dels residus generats.

Pel que fa a les fases de producció i consum, caldria centrar els esforços en aspectes com la possible millora del disseny per poder prolongar la vida útil del producte i permetre la seva reparació i reutilització; la utilització de materials reciclats o alternatius; o l'augment de la conscienciació sobre aquest impacte mediambiental a través de l'educació formal (escoles) o informal (notícies). En referència a l'ús de plàstics biodegradables, s'ha estudiat que no és una alternativa del tot vàlida, ja que tot i que el seu temps de degradació a l'oceà és menor que el dels plàstics convencionals, la fragmentació en microplàstics es produeix d'igual manera, de mode que es manté el perill per exemple de la possible ingestió d'aquestes partícules per part de les espècies marines.

Tot i que el fet de complir amb els aspectes comentats anteriorment ajudaria a reduir la quantitat de plàstic generat, com per exemple a l'hora d'utilitzar materials com el vidre en situacions en les que fos possible, realment la solució més eficient es basa en gestionar adequadament els residus generats. En el cas de que els productes de plàstic no es puguin reutilitzar, es deu tenir com a primera opció reciclar-los, ja que és la via més positiva pel medi ambient. És cert que actualment el reciclatge està encara limitat per factors com l'elevat cost que suposa el seu procés o per la baixa reciclabilitat d'alguns productes, però a l'augmentar les seves taxes probablement seria possible millorar la qualitat dels materials reciclats i els desenvolupaments tecnològics en el seu procés, i superar aquests problemes. Quan els productes no es puguin reciclar, es poden aprofitar per produir vapor, calor i electricitat a partir de la seva incineració. Aquesta opció té com a limitacions principals l'emissió de substàncies perilloses a l'atmosfera i la perpetuació d'una economia lineal, però evita el fet de que els residus acabin en abocadors, on ni s'aprofita el seu potencial ni es reciclen, a més de ser altament perjudicials pel medi ambient. Una altra de les possibilitats estudiades són els processos de piròlisi i gasificació, capaços de reformular els residus de plàstic en matèries primeres i utilitzar l'energia per produir combustibles, productes químics i lubricants. Tot i això, encara estan en desenvolupament i tenen un impacte mediambiental força elevat degut a l'emissió de gasos nocius a l'atmosfera, així que es situarien com a tercera opció a dur a terme, sempre per davant dels abocadors. Per tant, un cop estudiades totes les opcions viables, aquest seria l'ordre ideal per gestionar els residus de plàstic. No obstant això, en el cas de que en els processos d'incineració i en els de piròlisi s'implementessin sistemes adequats per evitar l'emissió de gasos perjudicials al medi ambient, aquestes alternatives podrien millorar la seva viabilitat.

Totes aquestes mesures estudiades requereixen una implicació per part de les indústries, canvis en el comportament en els consumidors i, sobretot, una correcta governança nacional i internacional (com s'ha vist, actualment s'han aplicat lleis i normatives per reduir l'impacte del plàstic, com ara la prohibició a la Unió Europea de la utilització de diversos utensilis de plàstic d'un sol ús a partir de l'any 2021). El fet de que cadascú de nosaltres posi de la seva part, augmenta l'esperança en poder fer front a aquest greu problema i en aconseguir que la concentració de plàstics als oceans es pugui estabilitzar. Si això fos possible, gràcies als sistemes innovadors estudiats es podrien eliminar totes aquestes acumulacions de residus, ajudant d'aquest mode a l'ecosistema marí a recuperar-se del dany causat per l'impacte d'aquests materials.

Bibliografia

- [1] *Plásticos en los océanos: datos, comparativas e impactos*. Greenpeace, 25/08/2016
- [2] Dr Peter J Kershaw. *Marine Plastic Debris & Microplastics*. UNEP (United Nations Environment Programme), 2016
- [3] Amy Lusher, Peter Hollman, Jeremy Mendoza-Hill. *Microplastics in fisheries and aquaculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017
- [4] Anthony Andrady, Matthew Cole, François Galgani, Mikaël Kedzierski, Maria-Luiza Pedrotti, Alexandra Ter Halle, Kim Van Arkel, Erik Zettlet. *Plastic pollution in the ocean*. Plastic and Ocean Platform, 2017
- [5] Elisa Rojo-Nieto, Tania Montoto. *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. Ecologistas en Acción, 01/2017
- [6] Aneta K.Urbaneck, Waldemar Rymowicz, Aleksandra M.Mirowska. *Degradation of plastics and plastic-degrading bacteria in cold marine habitats*. Department of Biotechnology and Food Microbiology, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, 11/07/2018
- [7] Marzia Sesini. *The Garbage Patch in the oceans: the problem and possible solutions*. Earth Institute (Columbia University), 08/2011
- [8] Florian Thevenon. *Plastic Debris in the Ocean. The characterization of marine plastics and their environmental impacts, situation analysis report*. IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), 12/2014
- [9] *Impacts of Marine Debris on Biodiversity: current status and potential solutions*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2012
- [10] María Plaza Arroyo, José Luis Buceta Miller. *Estudio sobre identificación de fuentes y estimación de aportes de microplásticos al medio marino*. Centro de Estudios de Puertos y Costas, 06/2017
- [11] *Marine Debris Impacts on Coastal and Benthic Habitats*. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 06/2016

- [12] *Impacto del abandono del plástico en la naturaleza*. Proyecto LIBERA
- [13] Joana C. Prata, Ana L. Patrício Silva, João P. da Costa, Catherine Mouneyrac, Tony R. Walker, Armando C. Duarte, Teresa Rocha-Santos. *Solutions and Integrated Strategies for the Control and Mitigation of Plastic and Microplastic Pollution*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 07/07/2019
- [14] Marta Villén. *¿Son los plásticos reciclables, biodegradables o compostables?*. CONASI, 19/03/2019
- [15] *Throwing away the future: How companies still have it wrong on plastic pollution "solutions"*. Greenpeace, 2019

Referències web

- [16] *Plastics – the Facts 2018*. Plastics Europe, 2018
https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf
- [17] Beatriz Sevilla. *Producción de plástico a nivel mundial de 1950 a 2018*. Statista, 28/11/2019
<https://es.statista.com/estadisticas/636183/produccion-mundial-de-plastico/>
- [18] *What are bioplastics?*. European bioplastics, 01/2016
https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP_fs_what_are_bioplastics.pdf
- [19] *Entendiendo las diferencias entre compostables, bioplásticos y biodegradables*. Tecnología del plástico, 08/2009
<http://www.plastico.com/temas/Entendiendo-las-diferencias-entre-compostables,-bioplasticos-y-biodegradables+95010>
- [20] *Plastics Additives*. IHS Markit, 12/2017
<https://ihsmarkit.com/products/chemical-plastics-additives-scup.html>
- [21] Scott A. Elias. *Plastics in the Ocean*, 12/2017
https://www.researchgate.net/publication/318024441_Plastics_in_the_Ocean
- [22] David Wallace. *How long does it take plastic to break down in the ocean?*. Environmental Infographics, 18/04/2018
<https://infographicjournal.com/how-long-does-it-take-plastic-to-break-down-in-the-ocean/>
- [23] Germán Portillo. *Islas de plástico*. Renovables Verdes
<https://www.renovablesverdes.com/islas-de-plastico/>

- [24] *¿Qué son los retardantes de llama para plásticos?*. PLAEN (Plásticos, Envasado y Afines, 18/12/2012
<https://plaen.blogspot.com/2012/12/que-son-los-retardantes-de-llama-para.html>
- [25] *Nutrient Pollution*. EPA (United States Environmental Protection Agency), 19/01/2017
<https://www.epa.gov/nutrientpollution>
- [26] *The Seabin V5*. The Seabin Project
<https://seabinproject.com/the-seabin-v5/>
- [27] *Seabin V5 Resource Book*. The Seabin Project, 2017
https://seabinproject.com/wp-content/uploads/2019/04/seabin_overview_book.pdf
- [28] *Will Seabins save our oceans? The Seabin Project*. CNET, 29/01/2018
<https://www.youtube.com/watch?v=ySp7HKD7jaw&t=143s>
- [29] *The Interceptor*. The Ocean Cleanup
<https://theoceancleanup.com/rivers/>
- [30] *Boyan Slat unveils the Interceptor River Cleanup system*. The Ocean Cleanup, 27/10/2019
<https://www.youtube.com/watch?v=KyZArQMfHq4&t=1342s>
- [31] *System 001*. The Ocean Cleanup
<https://theoceancleanup.com/milestones/system001/>
- [32] *Presentation of the Manta project developed by The SeaCleaners*. The SeaCleaners, 23/09/2019
<https://www.youtube.com/watch?v=V5WpFiJbpyE&t=162s>
- [33] *THE MANTA: A giant of the seas against pollution*. The SeaCleaners, 2020
<https://www.theseacleaners.org/en>
- [34] *Vessel*. REV Ocean
<https://www.revocean.org/vessel/>
- [35] *Introducing the Plastic REVolution Foundation in Ghana*. REV Ocean, 17/05/2019
https://www.revocean.org/plast_ghana/
- [36] *4Ocean Story*. 4Ocean
<https://4ocean.com/about/>

- [37] 4Ocean Technology. 4Ocean
<https://4oceantechnology.com/>
- [38] Mr.Trash Wheel Technology. Waterfront Partnership
<https://www.mrtrashwheel.com/technology/>
- [39] Esperanza Batuecas Fernández. *Más allá del reciclaje, introducción al concepto Cradle to Cradle*. IMF Business School, 2014
<https://blogs.imf-formacion.com/blog/energias-renovables/articulos/mas-alla-del-reciclaje-concepto-cradle-to-cradle/>
- [40] María Yolanda Errazuriz. *8 iniciativas a nivel global contra la contaminación por plásticos*. Ladera Sur, 11/04/2019
<https://laderasur.com/articulo/8-iniciativas-a-nivel-global-contra-la-contaminacion-por-plasticos/>
- [41] *State Plastic and Paper Bag Legislation*. National Conference of State Legislatures (NCSL) , 24/01/2020
<https://www.ncsl.org/research/environment-and-natural-resources/plastic-bag-legislation.aspx>

Glossari

Polímer¹: Els polímers són grans molècules orgàniques formades per repetides unitats o cadenes basades en carboni que es produeixen de forma natural i es poden sintetitzar. Els polímers naturals comuns inclouen per exemple les proteïnes, la cel·lulosa, el cautxú natural, etc.

European Bioplastics²: Associació que representa els interessos de la pròspera indústria de bioplàstics a Europa.

GESAMP³: Grup de científics experts encarregats d'assessorar al sistema de les Nacions Unides sobre aspectes científics de la protecció del medi ambient marí.

Lixiviació⁴: Operació d'extracció en la qual es separa, per mitjà d'un dissolvent, un o més components d'un material sòlid.

Aigua salobre⁵: Aigua que té més sal dissolta que l'aigua dolça, però menys que l'aigua de mar. Es considera aigua salobre la que té entre 0,5 i 30 grams de sal per litre.

Pel·lets⁶: Denominació genèrica utilitzada per a referir-se a petites proporcions d'un material aglomerat, en aquest cas plàstic.

Microesferes⁷: Partícules de plàstic de menys d'un mil·límetre en la seva mida més gran. Es fabriquen amb major freqüència amb PE, però poden ser d'altres polímers com PP o PS.

Monòmer⁸: Els monòmers són molècules capaces de combinar, mitjançant un procés anomenat polimerització, per arribar a formar un polímer. Per exemple, el monòmer etilè (C_2H_4) es polimeritza amb un catalitzador per formar polietilè.

Grup funcional⁹: Conjunt d'àtoms enllaçats d'una determinada forma, que presenten una estructura i propietats fisicoquímiques determinades que caracteritzen als compostos orgànics que els contenen.

Hidrofobicitat¹⁰: En el context fisicoquímic, el terme hidròfob s'aplica a aquelles substàncies que són repel·lides per l'aigua o que no es poden barrejar amb ella. Ex: l'oli.

Cristal·linitat¹¹: La cristal·linitat d'un polímer és un nombre entre el 0% i el 100%, que fa referència al percentatge total de regions cristal·lines que es troben al polímer. El grau de cristal·linitat té una gran influència en la duresa, la densitat, la transparència i la difusió.

OSPAR¹²: Actual instrument legislatiu que regula la cooperació internacional pel que fa a la protecció mediambiental a l'Atlàntic del Nord-est. Complementa i actualitza la Convenció d'Oslo de 1972 sobre abocaments al mar i la Convenció de París de 1974 sobre contaminació marina d'origen terrestre.

Substàncies bioacumulatives¹³: En toxicologia, la bioacumulació és el procés d'acumulació de substàncies químiques en organismes vius de forma que aquests assoleixen concentracions més elevades que les concentracions en el seu medi o en els aliments.

Manglar¹⁴: Terreny format per arbres i arbusts molt tolerants a la sal, que ocupen la zona intermareal pròxima a les desembocadures de rius a les latituds tropicals de la Terra.

Bentònic¹⁵: Que forma part del bentos, és a dir, a la comunitat formada pels organismes que habiten el fons dels ecosistemes aquàtics.

Escalable¹⁶: A l'interceptor se l'anomena solució escalable pel fet de que es pot aplicar a qualsevol riu del món.

Barcassa¹⁷: Bastiment de dimensions variables, sense orla ni vela i molt sovint sense motor, que és emprat per a la càrrega o la descàrrega de vaixells fondejats o per a d'altres serveis portuaris o fluvials.

Llit fluvial¹⁸: Espai del riu per on s'escorren les aigües.

Aerogenerador Darrieus¹⁹: Es un tipus d'aerogenerador d'eix vertical utilitzat per generar electricitat a partir de l'energia transportada pel vent. La turbina consta d'una sèrie de pales de perfil aerodinàmic corbades muntades en un eix giratori vertical.

Piròlisi²⁰: És la descomposició química de matèria orgànica i tot tipus de materials, excepte de metalls i vidres, causada per l'escalfament a altes temperatures en absència d'oxigen (i de qualsevol halogen).

Bomba biològica de carboni²¹: Combinació de processos que contribueixen a la concentració de carboni a l'interior de l'oceà.

Carboni blau²²: Carboni capturat pels ecosistemes oceànics costaners del món, principalment manglars, maresmes salines, pantans, prades marines, etc.

ROV (Remote Operated Vehicle)²³: Vehicles que estan controlats per un operador que no està al vehicle. Poden estar operats per senyals de ràdio o mitjançant un cable o una línia que connecta el vehicle a on es troba l'operador.

Skimmer²⁴: Aparell que té una funció d'aspiració i retenció de residus. Per exemple, el skimmer d'una piscina és l'encarregat d'aspirar l'aigua de la superfície per la seva posterior filtració i tractament.

Flux volumètric²⁵: Volum de fluid que passa per una superfície donada en un temps determinat.

Nutrients tècnics²⁶: Fan referència als components tecnològics dissenyats per ser reutilitzats una i altra vegada, de manera que puguin acoblar-se i desmuntar-se fàcilment, i contribuir a l'estalvi de recursos i d'energia.

Operation Clean Sweep²⁷: Iniciativa mundial de la indústria dels plàstics per reduir la pèrdua de pel·lets al medi ambient, basada en la finalitat d'ajudar a que en totes les operacions en les que es manipuli grans de plàstic s'apliquin bones pràctiques i controls de neteja.

National Pollutant Discharge Elimination System²⁸: Programa de permisos per controlar la contaminació de l'aigua mitjançant la regulació de les fonts puntuals que descarreguen productes contaminants a les aigües dels Estats Units.

Sistema Integrat de Gestió de Residus²⁹: Sistema encarregat de la recollida, transport, emmagatzematge i reciclatge de residus, a més de la vigilància d'aquestes operacions i dels espais de descàrrega.

Convenció de Basilea³⁰: Tractat multilateral encarregat de protegir el medi ambient i la salut humana contra els efectes nocius derivats de la generació, el maneig, els moviments transfronterers i l'eliminació de residus perillosos.

Extrusió³¹: Procés de transformació d'un material suficientment plàstic que s'obliga a passar, sotmetent-lo a una certa pressió, per un o més broquets o fileres als quals es dona la forma desitjada.